# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. 15. Oktober. 1902. 4. Jahrgang.
Redaktionsschluss für No. 3 am 22. Oktober 1902.

INHALT.

**Originalmitteilungen:**
A. Heydweiller, Zeitliche Gewichtsänderungen radioaktiver Substanz. S. 81.
V. Blaess, Über Ausströmversuche mit gesättigtem Wasserdampf. S. 82.
W. H. Julius, Eine Hypothese über die Natur der Sonnenprotuberanzen. S. 85.
Aus den Sitzungsprotokollen der luftelektrischen Kommission der Delegierten-Versammlung der kartellierten Akademien zu Göttingen:
I. F. Exner, Bericht über die Thätigkeit der luftelektrischen Stationen der Wiener Akademie. S. 90.
II. H. Ebert, Über die in München im Jahre 1901/02 ausgeführten luftelektrischen Arbeiten. S. 93.
III. J. Elster, Über gemeinsam mit Herrn Geitel konstruierte transportable Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität der natürlichen Luft. S. 96.
IV. J. Elster, Über gemeinsam mit Herrn Geitel ausgeführte Versuche über induzierte Radioaktivität der atmosphärischen Luft durch positive Potentiale. S. 97.
V. H. Geitel, Über einige gemeinsam mit Herrn Elster angestellte Versuche über die elektrische Zerstreuung in der Luft. S. 97.
G. Seibt, Neue Vorlesungsversuche über schnelle elektrische Schwingungen. S. 99.
**Eingegangene Schriften.** S. 104.
**Personalien.** S. 104.

## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Zeitliche Gewichtsänderungen radioaktiver Substanz.

Von Adolf Heydweiller.

In Verfolg der Untersuchungen über Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung[1]) wurde die Gewichtskonstanz radioaktiver Substanz geprüft, um festzustellen, ob die beobachteten Gewichtsänderungen etwa in einem Zusammenhange mit den Erscheinungen der Radioaktivität stehen könnten.

5 g radioaktiver Substanz von de Haën in List-Hannover[2]) mit der Bezeichnung „konzentriert" und sehr erheblicher Aktivität wurden in ein Röhrchen aus alkalifreiem Jenenser Glase $477^{III}$ von 0,7 cm lichter Weite und 13 cm Länge eingeschlossen und ihr Gewicht mit einem gleichen Röhrchen voll Glasstücken von nahe demselben Gewicht und Volumen mehrere Wochen hindurch verglichen.

Das Ergebnis war ein überraschendes. Es zeigte sich ein kontinuierlich wachsender Gewichtsunterschied, einer Gewichtsabnahme der radioaktiven Substanz um etwa 0,02 mgr in 24 Stunden entsprechend. Über die Einzelheiten der Untersuchung, die noch mehrfach Interessantes bieten, wird an anderer Stelle ausführlich berichtet werden. Die gesamte bisher beobachtete Gewichtsänderung beträgt bereits nahe $^1/_2$ mgr.

Herr H. Becquerel hat die von radiumhaltiger Substanz abgegebene Energiemenge berechnet[3]) aus seinen Beobachtungen der elektrischen Ablenkung der Radiumstrahlen und den Bestimmungen der abgegebenen Elektrizitätsmengen durch Herrn und Frau Curie.[1]) Er geht dabei von der Hypothese aus, dass die Radiumstrahlen aus fortgeschleuderten elektrisch geladenen materiellen Teilchen bestehen; aber es ist wichtig zu bemerken, dass die Berechnung von dieser Hypothese nicht abhängig ist. Er kommt zu dem Ergebnis, dass sein Präparat an magnetisch ablenkbaren Strahlen eine Energiemenge von 5 *Erg* auf 1 $cm^2$ Oberfläche in 1 Sek. abgiebt, und ferner, dass die Masse der ausgestrahlten Teilchen erst in einer Milliarde Jahre gleich 1 mg werde. Bei dem letzten Schluss ist wieder von der erwähnten Hypothese Gebrauch gemacht, und weiter stillschweigend vorausgesetzt, dass die Energie der Strahlung, d. h. die kinetische Energie der fortgeschleuderten Teilchen von der inneren Energie der Substanz geliefert werde.

Man kann aber auch eine andere Rechnung ausführen. Mein Präparat besitzt in dem Röhrchen, das es etwa zur Hälfte ausfüllt, eine Oberfläche von über 20 $cm^2$ (die pulverförmige Substanz als zusammenhängendes Ganzes betrachtet); unter der noch zu prüfenden Voraussetzung einer ähnlichen Aktivität, wie die der Becquerelschen Substanz, würde es also in 1 Sek. über 100 *Erg*, in einem Tage $10^7$ *Erg* an ablenkbaren Becquerelstrahlen aussenden.

Die beobachtete Gewichtsverminderung in demselben Zeitraum beträgt 0,02 mg, deren potentielle Gravitationsenergie im Erdfelde gleich etwa $1,2 \cdot 10^7$ *Erg* ist.

Diese Übereinstimmung der Grössenordnung drängt den Schluss auf, dass bei der Radioaktivität eine direkte Umwandlung potentieller Gravitationsenergie in Radioenergie auftritt;

1) A. Heydweiller, Diese Ztschr. **1**, 527, 1900; Ann. d. Phys. **5**, 394, 1901.
2) Vergl. F. Giesel, Wied. Ann. **69**, 91, 1899.
3) H. Becquerel, Rapports au congrès intern. de phys. Paris 1900, **3**, 73.

1) P. Curie und Mme Curie, ebenda 106.

und dieser Schluss ist nicht befremdlich, wenn man sich auf den Boden von Lord Kelvins Ätherwirbel-Atomtheorie oder einer ähnlichen Hypothese stellt, scheint vielmehr geeignet, derartige Anschauungen zu stützen. Er ist auch in Übereinstimmung mit den neuesten Anschauungen über die Radioaktivität, wonach diese auf Vorgänge im Atom und nicht auf solche im Molekül zurückzuführen ist.[1])

1) Vergl. P. Curie und Mme Curie, Rapports **3**, 83, 1900 und E. Rutherford und F. Soddy, Phil. Mag. (6) **4**, 370, 1902.

Phys. Institut d. Universität Münster, 1. Okt. 1902.

(Eingegangen 2. Oktober 1902.)

## Über Ausströmversuche mit gesättigtem Wasserdampf.

Von Viktor Blaess.

Von seiten der Physik wie der wissenschaftlichen Technik beschäftigt man sich zur Zeit in eingehender Weise mit Versuchen, die den Zweck haben, uns nach Möglichkeit über die Ausströmungserscheinungen kompressibler Flüssigkeiten aufzuklären.

Bei der wechselseitigen Beziehung beider Disziplinen ist es gerade die Technik, welche heute diesem besonderen Gebiete der Naturforschung reges Interesse entgegenbringt, teils um die Ergebnisse der theoretischen wie praktischen Untersuchungen auf den jetzt mächtig aufstrebenden Dampfturbinenbau anzuwenden, teils um sich über schon ältere Fragen Aufklärung zu verschaffen, die sich auf die mannigfachen technischen Anwendungen kompressibler Flüssigkeiten beziehen, wobei hier z. B. nur an die Einströmung des Dampfes in den Arbeitscylinder der Dampfmaschinen erinnert werden mag.

Die bekannten Arbeiten der beiden französischen Ingenieure de Saint-Venant und Wantzel schon aus dem Jahre 1839, ferner die Untersuchungen von Holtzmann, Zeuner, Mach etc. und in neuerer Zeit von R. Emden haben uns über die Ausströmungserscheinungen der permanenten Gase aufgeklärt und gezeigt, welch seltsame Bedeutung Schallgeschwindigkeit und Schallwellen in dem, unter gewissem Drucke ausströmenden Gasstrahle haben.

In folgendem seien einige Versuche mitgeteilt, die sich auf das Ausströmen trockengesättigten Wasserdampfes beziehen und die auf Anregung von Herrn Prof. M. F. Gutermuth, mit dessen fördernder Unterstützung, im Laboratorium der Technischen Hochschule zu Darmstadt ausgeführt wurden. Hierbei soll auch auf eine bemerkenswerte Eigenschaft hingewiesen werden, die sich auf die Geschwindigkeitsformel bezieht

$$w = \sqrt{\frac{2gk}{k-1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$$

worin, wie bekannt $p_1$ der Druck vor der Mündung, im Ausströmgefäss, $p$ der Druck nach der Mündung, im Aufnahmegefäss ist und $k$ eine Konstante bedeutet, welche z. B. für Luft den Wert 1,41 hat und für gesättigten Wasserdampf bei 1,135 der Wirklichkeit entsprechende Werte ergiebt. —

Der Grundgedanke der Versuchsanordnung war folgender:

Der den Betriebskesseln der Kraft- und Lichtcentrale entnommene Wasserdampf wurde dem in einiger Entfernung aufgestellten Versuchsapparate durch eine Rohrleitung zugeführt und hier durch eine Drosselvorrichtung, ehe er in das Ausströmgefäss und von da durch eine auswechselbare Düse in das Aufnahmegefäss übertrat, um einige Grad überhitzt, um mit Sicherheit die durch unvermeidliche Abkühlung entstehende Dampfnässe zu beseitigen. Das Aufnahmegefäss stand durch ein Regulierventil mit einem Oberflächenkondensator in Verbindung, der den zu Wasser verdichteten Dampf durch einen Ablauf nach aussen beförderte.

Durch genanntes Ventil und durch ein Zuleitungsventil war man imstande, je vor und hinter der Düse in beliebiger Weise konstante Spannung unterhalb 9 Atm. abs. (dem Kesseldruck) einzustellen, so dass man mit jeder beliebigen Druckkombination im Bereich von 0—9 Atm. arbeiten konnte.

Die Beobachtungsinstrumente, geeichte Thermometer und Kontroll-Manometer waren in kurzen Entfernungen vor und hinter der Düse angebracht, hinter welcher auch ein Schauglas vorgesehen war, das in bequemer Weise den austretenden Dampfstrahl zu beobachten gestattete.

Die durch die Düse ausgeströmte Dampfmenge, welche sich aus dem Gewicht des Kondensationswassers ergab, wurde von 10 zu 10 Minuten gewogen und dabei die nötigen Kontrollablesungen vorgenommen. Das bei bestimmten Drucken $p_1$ und $p$ ausgeströmte sekundliche Dampfgewicht ergab sich dann als Durchschnitt der während einer Stunde gelieferten Gesamtwassermenge. (Fig. 1.)

In beistehender Fig. 1 sind nun die mit der Düse $a$ gefundenen Resultate graphisch aufgetragen. Da sowohl der Druck $p_1$ im Ausströmgefäss, wie der Druck $p$ im Aufnahmegefäss geändert werden konnte, ergab sich ein Untersuchungsfeld, das im vorliegenden Falle durch Kurven festgestellt wurde, die das Dampfgewicht als Funktion des Aufnehmerdruckes, bei konstantem Drucke $p_1$ anzeigen.

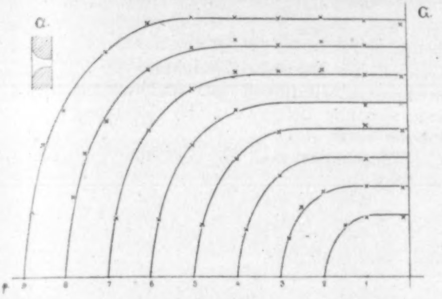

Fig. 1.

Der Verlauf dieser Gewichtskurven bestätigt die merkwürdige, bekanntlich auch bei Gasen beobachtete Erscheinung, dass von einem gewissen Druckverhältnis an abwärts die Ausflussmenge unabhängig vom Druck im Aufnahmegefäss ist und selbst bei Vakuum (hier 9 cm Quecksilbersäule) unverändert bleibt. Dieses sogenannte kritische Druckverhältnis, das sich theoretisch zu

$$\frac{p}{p_1} = 0{,}58$$

ergiebt, zeigt auch hier bei demselben Wert den Beginn des horizontalen Verlaufs an.

Vergleicht man die Gewichtskurven unter sich, so kommt man zu dem Ergebnis, dass unverkennbar geometrische Ähnlichkeit besteht. Diese Erscheinung kann man sich erklären, wenn man berücksichtigt, dass die Grenzkurve für Wasserdampf in dem hier vorkommenden Druckintervall ähnlichen Verlauf einer gleichseitigen Hyperbel hat, und demzufolge angenähert durch die Gleichung

$$p v = c$$

dargestellt werden kann.

Da nach der Formel für das sekundäre Ausströmgewicht

$$G = F \sqrt{\frac{2gk}{k-1}\,\frac{p_1}{v_1}\left[\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]}$$

bei konstantem Druckverhältnis $\frac{p}{p_1}$

$$G = c_1 \sqrt{\frac{p_1}{v_1}}$$

ist, und

$$v = \frac{c}{p_1}$$

so findet man

$$G = c_1 \sqrt{\frac{p_1^{\,2}}{c}} = c_2 p_1$$

oder

$$\frac{G}{p_1} = \text{const.},$$

d. h. es ist auch

$$\frac{G}{p} = \text{const.},$$

woraus man in der That die Ähnlichkeit der Gewichtskurven erkennt.

Diese Beobachtung wurde an allen Düsen gemacht, so verschieden die Ergebnisse auch sonst sein mochten.

In Fig. 2 sind die Ausflussmengen zweier verschiedener Düsen bei 9 Atm. Spannung vergleichsweise zusammengestellt (Fig. 2):

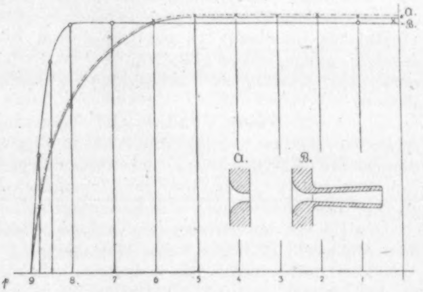

Fig. 2

Die punktierte Linie ist die ideelle, aus Gl. I berechnete Gewichtskurve, während $A$ und $B$ durch die entsprechenden Düsen experimentel gefunden wurden.

Aus der Darstellung erkennt man, dass während die Düse $A$ der theoretischen Forderung reibungslosen und adiabatischen Durchlasses ziemlich nahe kommt, die Düse $B$ dagegen eine von dieser abweichenden Gewichtskurve ergiebt, derart, dass sie das maximale Ausströmgewicht schon bei viel höherem Drucke, wie der Theorie entspricht, liefert.

Diese merkwürdige Erscheinung erklärt sich offenbar durch die saugende Wirkung des Dampfstrahles, der in der Düse einen Unterdruck schafft, gegenüber der Spannung im Aufnahmegefäss, so dass schon bei 7,9 Atm. im äusseren Raum das kritische Druckverhältnis in dem konisch-divergenten Fortsatz erreicht ist.

Diese Düse, welche bei der de Lavalschen Dampfturbine zur Anwendung kommt, soll nach der Theorie von Zeuner[1]) bewirken können, dass der Dampf eine Geschwindigkeit von 900—1100 m/sek. annimmt, ehe er dann auf das, bei normaler Tourenzahl mit ungefähr 20000 Umdrehungen pro Minute laufende Turbinenrad auftrifft.

Diese Anschauung steht jedoch im Gegensatz zum Prinzipe der Schallgeschwindigkeit, welches in neuester Zeit in ausführlicher Weise

1) Dr. G. Zeuner, „Vorlesungen über Theorie der Turbinen", Leipzig 1899.

analytisch und experimentell von R. Emden[2]) behandelt wurde.

In folgendem soll noch als Beitrag hierzu eine nicht uninteressante Eigenschaft der Geschwindigkeitskurve gekennzeichnet werden, welche zur Beurteilung obiger Frage dienlich sein kann:

Die Diskussion der Ausflussformeln

$$1)\quad G = F\sqrt{\frac{2gk}{k-1}\frac{p_1}{v_1}\left[\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]}$$

$$2)\quad w = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}p_1 v_1\left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]}$$

ergiebt aus Gleichung (1), dass für $p = p_1$ die Gewichtsmenge, wie zu erwarten, $= 0$ ist. Setzt man aber $p = 0$, so erhält man ebenfalls $G = 0$.

Schon de Saint-Venant und Wantzel schlossen hieraus richtig, dass der in Fig. 3 dargestellte Kurvenast $MO$ der theoretischen Gewichtskurve ungültig, und deren natürlicher Verlauf vom Maximum $M$ aus horizontal sei.

Den Beginn des horizontalen Verlaufs erhält man durch die Bedingung des Maximums

$$\frac{dG}{dp} = 0.$$

Setzt man den hieraus gefundenen Wert

$$p = p_1\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k+1}}$$

in Gleichung (2) ein, so erhält man, wie bekannt, die Schallgeschwindigkeit.

Diese Grösse steht aber noch in einer ganz direkten Beziehung zur Geschwindigkeitsgleichung und kann, wie folgt, ohne Zuhilfenahme der Gleichung (1) gefunden werden:

Geht man von den Eulerschen hydrodynamischen Grundgleichungen aus:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = X - \frac{1}{\varrho}\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} = Y - \frac{1}{\varrho}\frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z} = Z - \frac{1}{\varrho}\frac{\partial p}{\partial z},$$

welche, unter der Annahme eines, ohne Einwirkung äusserer Kräfte sich bewegenden stationären Strahles, die einzige Gleichung liefern

$$w\frac{dw}{dz} = -\frac{1}{\varrho}\frac{dp}{dz},$$

so erhält man, wenn man hierzu noch die Bedingung adiabatischen Verlaufes annimmt,

$$p v^k = p_1 v_1^k = c^k,$$

und unter Berücksichtigung von

$$v = \frac{1}{g\varrho}$$

diese beiden Gleichungen kombiniert:

$$3)\quad w\frac{dw}{dp} + \frac{gc}{p^{1/k}} = 0,$$

welches die Differentialgleichung für die Strömungsgeschwindigkeit ist und woraus durch eine einfache Integration die Gleichung (2) gefunden wird.

Differenziiert man die Gleichung (3) nach $p$, so folgt

$$w\frac{d^2w}{dp^2} + \left(\frac{dw}{dp}\right)^2 - \frac{gc}{kp^{k+1}} = 0,$$

und setzt man hier

$$\frac{d^2w}{dp^2} = 0,$$

so ergiebt sich nach kurzer Umformung

$$w = \sqrt{\frac{kp}{\varrho}},$$

also in diesem Falle für die Strömungsgeschwindigkeit: die Geschwindigkeit des Schalles.

Bestimmt man aus Gleichung (2)

$$\frac{d^2w}{dp^2}$$

bei konstantem $p_1$, $v_1$, so erhält man, wenn man der Kürze wegen setzt

$$\left(\frac{2gk}{k-1}p_1 v_1\right)^{1/2} = a$$

$$\frac{k-1}{k} = c$$

$$\frac{p}{p_1} = x$$

$$\frac{d^2w}{dp^2} = -\frac{a}{2}\left[\frac{c}{2}x^{c-1}\left(1 - x^c\right)^{-3/2} c\,x^{c-1} + \left(1 - x^c\right)^{-1/2} c\left(c - 1\right)x^{c-2}\right].$$

Sucht man denjenigen Wert von $p = xp_1$, welcher

$$\frac{d^2w}{dp^2} = 0$$

macht, so erhält man

$$p = p_1\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}},$$

also denselben Wert, der sich auch aus

$$\frac{dG}{dp} = 0$$

berechnet.

Beachtet man nun die analytische Bedeutung von

$$\frac{d^2w}{dp^2} = 0,$$

welches die Bedingung eines Wendepunktes ist, so kommt man zu dem bemerkenswerten Ergebnis, dass die Schallgeschwindigkeit da auftritt, wo die Kurve gerade eine andere Wendung beginnt.

2) Dr. Rob. Emden, „Über die Ausströmungserscheinungen permanenter Gase", Leipzig 1899.

Wie nun bei Gasen und Dämpfen experimentell erwiesen, hat die theoretische Gewichtskurve vom Maximum $M$ bis zu $O$ keine physikalische Bedeutung und tritt an deren Stelle die Horizontale $MN$ (Fig. 3).

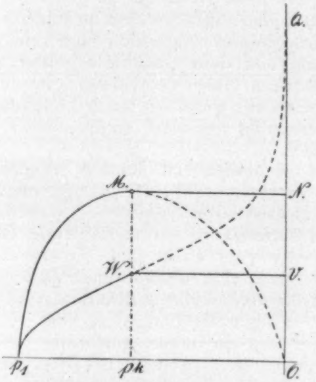


Fig. 3.

Hieraus kann man folgern, dass auch die zugeordnete theoretische Geschwindigkeitskurve vom Wendepunkt $W$ bis zu $Q$ keine Bedeutung hat und ebenfalls die Horizontale $WV$ an deren Stelle tritt.

Hierdurch kommt man aber auf das zuerst von C. Holtzmann ausgesprochene Prinzip der Schallgeschwindigkeit, das besagt, dass kompressible Flüssigkeiten nie eine höhere Geschwindigkeit als Schallgeschwindigkeit erlangen können.

Der Kurvenast $WQ$ wird häufig, wie aus Lehrbüchern zu ersehen ist, irrtümlicherweise für gültig gehalten, und entsprechen auch die von Zeuner berechneten hohen Dampfgeschwindigkeiten bis zu 1100 m/sek. in seiner Theorie der de Laval-Düse diesem falschen Kurvenast.

Aus dem Grunde, und gemäss den Versuchsergebnissen der Düse $B$, wonach man an der saugenden Wirkung des Dampfstrahles erkennt, dass auch die Voraussetzung Zeuners bezüglich der Anpassung des Dampfes an die konische Düsenform nicht erfüllt ist, muss man entgegen der Ansicht von Zeuner und de Laval zu der insbesondere für die Theorie der Dampfturbine bedeutsamen Erkenntnis kommen, dass sich auch selbst durch eine de Laval-Düse keine grössere Dampfgeschwindigkeit als 400—450 m/sek. erzielen lässt.

Darmstadt, im August 1902.

(Eingegangen 14. September 1902.)

## Eine Hypothese über die Natur der Sonnenprotuberanzen.

Von W. H. Julius.

Die Einführung des Prinzips der anomalen Dispersion in die Sonnenphysik ermöglicht es, sich eine neue Vorstellung von der Konstitution der Sonne zu bilden, aus der u. a. eine grosse Zahl von Eigentümlichkeiten der Protuberanzen sich notwendig ergeben, die es bisher unmöglich gewesen ist, in befriedigender Weise aus anderen physikalischen Gesetzen abzuleiten. Dies will ich im folgenden darlegen.

In meiner im Jahre 1900 veröffentlichten Arbeit über „Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes betrachtet“ [1]) schlug ich folgende Hypothese mit Bezug auf den Teil der Sonnenatmosphäre vor, der ausserhalb der sogenannten Photosphäre liegt:

„Die verschiedenen Elemente, auf deren Vorhandensein in dieser Atmosphäre nach den Spektralbeobachtungen geschlossen wurde, sind in derselben viel weiter verbreitet, als man, sich auf das Aussehen der chromosphärischen Gebilde stützend, allgemein angenommen hat; sie können überall vorhanden sein, bis zu grossen Entfernungen ausserhalb der Photosphäre, und trotzdem ist es möglich, dass sie nur an einzelnen Stellen sichtbar sind; ihre eigene Strahlung trägt verhältnismässig wenig zu ihrer Sichtbarkeit bei (vielleicht mit einigen wenigen Ausnahmen); die Entfernungen, in denen das charakteristische Licht dieser Substanzen ausserhalb der Sonnenscheibe dem Auge erscheint, sind hauptsächlich durch ihre örtlichen Dichteverschiedenheiten und ihr Vermögen, anomale Dispersion hervorzurufen, bestimmt.“

Wie wir uns nun den Zustand der Materie innerhalb der Photosphäre vorzustellen haben, wurde dort nicht in Erwägung gezogen. Unsere Vorstellung von dem Ursprung des Lichtes der Chromosphäre wurde von allen speziellen Annahmen in betreff der Natur der Photosphäre frei gehalten. Nur insoweit, als das Prinzip von der anomalen Dispersion zur Erklärung der bei Sonnenflecken [2]) beobachteten Spektralerscheinungen benutzt wurde, mussten wir auf A. Schmidts Theorie [3]) zurückgreifen, nach der die Sonne eine unbegrenzte Gasmasse ist, so dass die anscheinende Oberfläche der Photosphäre nicht als wirkliche Grenzfläche eines Körpers, sondern als einer „kritischen Sphäre“ entsprechend anzusehen ist, welche durch die Eigenschaft be-

1) Sitzungsberichte der Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, VIII, 510—523 (24. Febr. 1900). Diese Zeitschr. **2**, 348—353 und 357—360, 1901. Man sehe besonders S. 358.

2) l. c. S. 359.

3) A. Schmidt, Die Strahlenbrechung auf der Sonne. Ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik. Stuttgart 1891.

stimmt ist, dass ihr Radius dem Krümmungsradius der durch einen Punkt ihrer Oberfläche gehenden Horizontalstrahlen gleichkommt.

Jetzt wollen wir jedoch bei der Ausarbeitung des Problems von der Natur der Chromosphäre und der Protuberanzen gleichfalls als Ausgangspunkt die erste der drei Thesen wählen, in denen Schmidt die Hauptpunkte seiner Theorie zusammenfasst. Demgemäss nehmen wir an, dass die Sonne eine unbegrenzte Gasmasse ist, in der Dichte und Leuchtkraft (abgesehen von örtlichen Unregelmässigkeiten) allmählich vom Mittelpunkt nach aussen hin abnehmen. Aber unsere Vorstellung von den Eigenschaften und der Zusammensetzung dieses Gaskörpers kann in gewisser Hinsicht viel einfacher sein, als es der Fall wäre, wenn wir in allen Punkten uns an die Schmidtsche Theorie anlehnten.

Schmidt erklärt nämlich den Rand der Sonnenscheibe nach den Gesetzen der regelmässigen Refraktion (oder Strahlenkrümmung) in einem geschichteten Medium, und auch die Protuberanzen auf Grund von „Schlieren-Refraktion"[1]); um jedoch dem Umstande Rechnung zu tragen, dass sowohl das Licht, das von den Protuberanzen ausgeht, als auch das Chromosphärenlicht nicht weiss ist, sondern ein helles Linienspektrum wechselnden Aussehens zeigt, nimmt er an, dass der (unterhalb der kritischen Sphäre liegende) stark strahlende Teil der Gasmasse in seinen äusseren Schichten so zusammengesetzt ist, dass dort die Materie fast ausschliesslich Wasserstoff-, Calcium- und Heliumlicht aussendet, während die Natrium-, Magnesium-, Titan- und Eisenstrahlungen nach dieser Annahme in den tieferen Schichten erzeugt werden, u. s. w.[2]) Wir führen hingegen die anomale Dispersion ein und sind so zu der Annahme berechtigt, dass innerhalb des ganzen Gaskörpers, sowohl im Inneren der kritischen Sphäre als ausserhalb derselben, die verschiedenen Elemente durchaus innig gemischt sind (wobei zugegeben wird, dass in der Mischung die Menge von Stoffen grösseren spezifischen Gewichts mit der Tiefe zunehmen muss). Denn überall dort, wo durch Strömungen, Wirbel etc. örtliche Dichteverschiedenheiten in der Mischung hervorgerufen werden, sind die Bedingungen für unregelmässige Strahlenbrechung gegeben, und es ist augenscheinlich, dass besonders diejenigen Bestandteile der Mischung, welche ein besonders hohes Dispersionsvermögen für gewisse Wellenlängen des durchgelassenen Lichtes besitzen, ihr Vorhandensein selbst auf grosse Entfernungen von der Sonnenscheibe hin offenbaren werden, während andere Substanzen zwar gleichfalls an denselben Stellen vorhanden sind, daselbst aber unsichtbar bleiben. Auf diese Weise lässt sich eine rein optische Erklärung von dem Umstande geben, dass die verschiedenen Gase der Sonne gesondert gesehen werden, wenn wir auch annehmen, dass dieselben innig gemischt sind.

Und sicherlich ist letztere Annahme bei weitem die einfachere; sie folgt sogar mit Notwendigkeit aus der Grundvorstellung, dass die Sonne als eine rotierende, wärmestrahlende Gasmasse betrachtet werden kann, denn in einem solchen Körper muss eine fortwährende Mischung der konstituierenden Teile stattfinden.

Vor einigen Monaten ist der allgemeine Charakter der in einer gasförmig gedachten Sonne vor sich gehenden Bewegung von R. Emden[1]) diskutiert worden. Derselbe wendet auf die Sonne dieselben mathematischen Schlussfolgerungen an, die von Helmholtz zur Erforschung der Bewegungsart erdacht worden sind, welche in unserer Erdatmosphäre sich aus dem vereinten Einfluss der Wärmewirkung der Sonne und der täglichen Rotation ergeben muss.[2]) Wenn auch Emden die Gassonne als von einer wohldefinierten Fläche begrenzt annimmt und insoweit sich den herrschenden Anschauungen über die Konstitution dieses Himmelskörpers anschliesst, so sind doch seine mathematischen Formeln völlig unabhängig von dem Vorhandensein einer Grenzfläche und lassen sich daher in vollem Masse auf eine Sonne, wie die hier betrachtete, anwenden.

Infolge von Ausstrahlung kühlen sich die äusseren Schichten am schnellsten ab; sie sinken nach innen und werden durch aufsteigende heissere Gase ersetzt, so dass, wenn die Sonne nicht rotierte, wir nur radiale Konvektionsströme erwarten könnten. Die Rotation der Sonne verändert jedoch diese Bewegungsform vollständig; die Winkelgeschwindigkeit der absteigenden Massen nimmt zu, während die der aufsteigenden Massen abnimmt: man kann so nebeneinander Gasschichten von verschiedener Dichte antreffen, die mit verschiedener Geschwindigkeit rotieren.

Helmholtz hat gezeigt, dass eine gewisse Zeit lang derartige Gasschichten nebeneinander strömen können und durch eine soge

1) A. Schmidt, Erklärung der Sonnenprotuberanzen als Wirkungen der Refraktion in einer hochverdünnten Atmosphäre der Sonne. Sirius XXIII, S. 97—109, Mai 1895.

2) Wie aus einer Arbeit in dieser Zeitschrift **3**, 259 261, betitelt: „Über die Doppellinien im Spektrum der Chromosphäre", hervorgeht, bleibt Schmidt dabei, sich an diese Vorstellung anzulehnen, auch nachdem er die Möglichkeit einer Erklärung des Lichtes der Chromosphäre auf Grund von anomaler Dispersion in Betracht gezogen hat. Ich werde an anderer Stelle die von Herrn Schmidt geäusserten Bedenken näher besprechen.

1) R. Emden, Beiträge zur Sonnentheorie, Ann. d. Physik (4) **7**, 176—197, 1902.

2) H. von Helmholtz, Gesammelte Abhandlungen **1**, 146, **3**, 287–35.

nannte Unstetigkeitsoberfläche (d. h. eine Oberfläche, bei deren Passieren die Werte für Geschwindigkeit und Dichte sprungweise Änderungen erfahren) scharf getrennt bleiben; allmählich versetzt jedoch die Reibung diese Oberfläche in eine Wellenbewegung; die Wellen schreiten mit der schneller beweglichen Schicht vor, werden steiler, hängen über und brechen sich, wobei sie Wirbel bilden; auf diese Weise wird durch die Mischung der anliegenden Teile der beiden Schichten eine neue Schicht zwischen ihnen gebildet, deren Eigenschaften zwischen den entsprechenden Eigenschaften der ursprünglichen Schichten die Mitte halten.

Aus den Bedingungen der Aufgabe können wir die Lage der Unstetigkeitsflächen ableiten. Dies ist von Helmholtz bezüglich der Luftströmungen unserer Atmosphäre und von Emden für die rotierenden Schichten der Sonne ausgeführt worden. Letzterer kommt zu dem Schlusse, dass auf der Sonne die Unstetigkeitsflächen im grossen und ganzen die auf beigefügter Zeichnung (Fig. 1) dargestellte Form haben müssen, welche an Rotationshyperboloide erinnert.[1])

In jeder ringförmigen Schicht, die von zwei aufeinander folgenden Unstetigkeitsflächen begrenzt ist, ist das Rotationsmoment der Masseneinheit ($\Omega = \omega r^2$) sowohl als die sogenannte potentielle Temperatur $\Theta$ konstant; aber in einer darauffolgenden Schicht, die von der Sonnenachse ferner ist, hat $\Omega$ einen grösseren und $\Theta$ einen kleineren Wert. Innerhalb jeder Schicht besteht ein Geschwindigkeitspotential, aber an den Grenzflächen ändert sich die Lineargeschwindigkeit diskontinuierlich, und zwar nimmt die Differenz zwischen den Geschwindigkeiten auf beiden Seiten einer und derselben Trennungsfläche in dem Masse zu, wie diese Fläche sich der Achse nähert.

Die in den Trennungsflächen gebildeten Wellen rücken in der Rotationsrichtung fort und wenn dieselben, nachdem sie steiler und steiler geworden sind, sich schliesslich brechen, so sind die Achsen der entstehenden Wirbel senkrecht zu der Bewegungsrichtung der Wellen, d. h. sie fallen mit den Meridianlinien der Unstetigkeitsflächen zusammen.

Deshalb geben die Kurven in unserer Figur auch eine Vorstellung von der Lage der Wirbelachsen.

Aus der Theorie ergiebt sich, wie wir bereits erwähnt haben, dass an jeder bestimmten Unstetigkeitsfläche der Geschwindigkeitssprung bei geringer Entfernung von der Sonnenachse

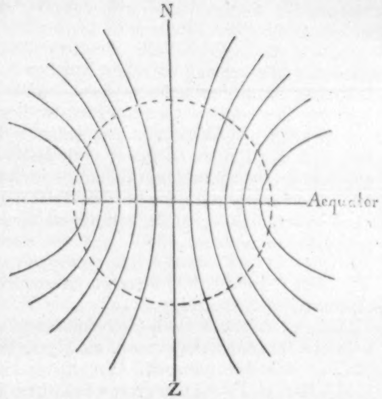


Fig. 1.

grösser ist als bei bedeutender; deswegen muss im allgemeinen der Übergang von einer Welle in einen Wirbel in den Teilen der betreffenden Welle beginnen, die der Achse näher liegen, und erst darauf in den äusseren Teilen zum Vorschein kommen.

Ferner ist es klar, dass, weil jeder Wirbel zur Mischung der aneinander liegenden Teile zweier Schichten und zur Bildung zweier neuer Unstetigkeitsflächen führt, niemals eine vollkommen ausgebildete Fläche, wie sie in unserer Skizze angegeben ist, besteht. Überall, wo wir es mit Stücken von Unstetigkeitsflächen zu thun haben, entspricht nur ihr allgemeiner Charakter und die Durchschnittsrichtung der Wirbelachsen der Zeichnung. Und trotz der fortwährenden Schichtenmengung, die zur Ausgleichung der verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten führt, verbleibt die Bewegung doch annähernd stationär; denn innerhalb jeder Schicht, die vorübergehend zwischen zwei Unstetigkeitsflächen eingeschlossen ist, tragen die Konvektionsströme abgekühlte Materie nach innen und warme Materie nach aussen, so dass durch diesen Prozess die Unterschiede der Rotationsgeschwindigkeit stets aufs neue gebildet werden.

Da wir gezwungen sind anzunehmen, dass ein solcher ununterbrochener Mischvorgang sich auf der Sonne vollzieht, muss der Vorteil einer Erklärung der Chromosphäre und der Protuberanzen auf Grund von anomaler Dispersion des weissen Lichtes durchaus einleuchten. Alle sonstigen mir bekannten Erklärungen müssen von der kaum haltbaren Annahme ausgehen, dass die verschiedenen Gase der Chromosphäre in grösseren Mengen voneinander getrennt vorhanden sind.

Emden ist es gelungen, manche Eigen-

1) Emden zeichnet die Schnittlinien der Oberflächen mit der Zeichenebene nur innerhalb des Kreises, der die Grenzfläche der Sonne darstellt. Ich habe diesen Kreis punktiert gezeichnet, um damit zum Ausdruck zu bringen, dass diese Grenzfläche nur scheinbar ist. Ich habe dann die Schnittlinien entsprechend nach aussen verlängert.

schaften der Sonnenflecke aus der Annahme abzuleiten, dass die Flecke uns die Stellen anzeigen, wo starke Wirbel die Sonnenoberfläche erreichen. Mir scheint es, dass Emdens Anschauungen von den Sonnenflecken noch annehmbarer zu gestalten wären, wenn der Begriff einer wirklichen Oberfläche der Sonne aufgegeben und den Folgen normaler und anomaler Refraktion (besser Strahlenkrümmung) in jenen Wirbeln Rechnung getragen würde. Doch denke ich bei anderer Gelegenheit, auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

Für den Augenblick wollen wir unsere Aufmerksamkeit auf diejenigen Teile der Wirbel beschränken, welche optisch über den Rand der Sonnenscheibe hinausragen und die Hypothese aufstellen, dass die gesamte Chromosphäre mit all ihren Protuberanzen nichts als dieses System von Wellen und Wirbeln ist, insoweit dasselbe auf kürzere oder längere Entfernungen vom Sonnenrande, infolge von anomaler Dispersion des aus tieferen Schichten kommenden Lichtes, sichtbar wird.

(Vielleicht könnte uns die Struktur der Korona mit ihren Polfächern, Spitzbögen etc. irgend welchen Aufschluss geben über den Verlauf der Unstetigkeitsflächen auf grosse Entfernungen ausserhalb der kritischen Sphäre; doch will ich auch diesen Punkt hier nur andeuten.)

Wir schreiben also die Chromosphäre den kleineren Wirbeln, dem fortwährenden Aufrollen der Unstetigkeitsflächen, zu; in den Protuberanzen sehen wir die Wirbel, in die die weniger zahlreichen, sehr grossen Wellen des Sonnenozeans sich auflösen.

Das besondere Aussehen der Chromosphäre, das den Vergleich mit einem Grasfeld nahe legt, folgt unmittelbar aus dieser Hypothese. Die „Grashalme" zeigen unserer Anschauung gemäss die Lage der Wirbelachsen an. Protuberanzen zeigen gleichfalls fast stets ein Gewebe von Streifen, Bändern und Fäden.[1])

In dem ganzen Bezirk, in dem die Wirbelbewegung stattfindet, wechselt natürlich die Dichte in sehr unregelmässiger Weise; wir können daher erwarten, im Spektrum dieses Bezirkes sowohl das Licht von der roten als das von der violetten Seite der Absorptionslinien vorzufinden, d. h. die Chromosphärenlinien müssen Doppellinien sein.[2])

1) J. Fényi S. J., Protuberanzen, beobachtet in den Jahren 1888, 1889 und 1890 am Haynald-Observatorium, p. 5. (Kalocsa 1902).

2) W. H. Julius, On the Origin of Double Lines in the Spectrum of the Chromosphere, Due to Anomalous Dispersion of the Light from the Photosphere. Proc. Roy. Acad. Amst. **3**, 193. Diese Zeitschr. **3**, 154—158.

Längs der Achse eines Wirbels ist im allgemeinen die Dichte ein Minimum. Wenn nun ein Wirbel den scheinbaren Sonnenrand schief schneidet, wie in Fig. 2, wo $p\,q$ die Axiallinie vorstellt, so muss das von einem Punkt $a$ kommende Licht verschieden sein von dem Licht, das von $b$ kommt. Denn wenn wir in $a$ den Sonnenradius nach aussen verfolgen, so kommen wir zunächst auf Schichten von zunehmender Dichte, während wir beim Aufsteigen von $b$ aus Schichten von abnehmender Dichte antreffen. Folglich müssen im Spektrum von $a$ die Komponenten

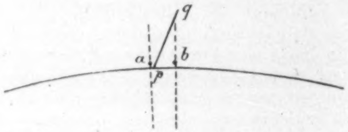


Fig. 2.

der Doppellinien, die dem Violett zugekehrt sind, und im Spektrum von $b$ die dem Rot zugekehrten Linien vortreten. Wenn der Spalt tangential gestellt ist, kann man die beiden den Punkten $a$ und $b$ betreffenden Fälle in kurzer Entfernung auf denselben Spektrallinien beobachten. Wenn während einer totalen Sonnenfinsternis der Chromosphärenbogen selbst als Spalt funktioniert (bei Anwendung einer Prismenkamera), so kann man dieselbe Erscheinung an zahlreichen Stellen der Sicheln antreffen. Viele Beispiele hierfür sind auf den Platten sichtbar, welche in Sumatra von der Holländischen Expedition zur Beobachtung der totalen Finsternis am 18. Mai 1901 erzielt worden sind.

Bei grossen Protuberanzen tritt die Erscheinung manchmal sehr intensiv auf. In Fényis oben erwähntem bedeutenden Werk lesen wir z. B. auf Seite 121 in der Beschreibung einer sorgfältig beobachteten Protuberanz folgende Stelle:

. . . . „Im unteren Teile zeigte die Protuberanz am Anfange ihrer Entwickelung eine grosse Störung in der $H_\alpha$-Linie. Bei engem (tangentiell gestelltem) Spalte reichten zwei Spitzkegel über denselben hinaus, der eine grössere erstreckte sich gegen rot, der andere kleine gegen blau und stand etwas südlicher. Die Grösse des ersteren betrug 9″ im Gesichtsfelde; auf Grund einer neuen Bestimmung der thatsächlichen Dispersion des Spektroskops ergiebt sich daraus für diese Stelle der Protuberanz eine Bewegung *von* uns mit der Geschwindigkeit von 240,4 km in der Sekunde. Die Verschiebung gegen blau betrug nach dem Augenmasse etwa die Hälfte der ersteren gegen rot.

Die entgegengesetzten Bewegungen nebeneinander und die kegelförmige Form des veränderten Lichtes würden unschwer die Deutung

auf eine Wirbelbewegung am Grunde der Protuberanz gestatten. Aus der Ungleichheit der Kegel würde ein Vorschreiten des Wirbels *von* uns mit der Geschwindigkeit von 180 km sich ergeben. Die Beobachtung steht auch nicht allein da; eine ähnliche Erscheinung wurde von Young am 3. August 1872 (The Sun, p. 210) eine andere von Thollon in Nizza (C. R. XC p. 87, XCI p. 487) beobachtet; ähnliches wurde auch von mir bei anderen Gelegenheiten beobachtet."

Fényi kommt also durch Deutung des Lichtes auf beiden Seiten der Wasserstofflinie nach Dopplers Prinzip zu der höchst verwunderlichen Schlussfolgerung, dass die wirbelnde Wasserstoffmasse sich mit einer Geschwindigkeit von 180 Kilometer pro Sekunde bewegte. Überdies ist noch eine weit grössere Schwierigkeit vorhanden, deren Fényi nicht einmal Erwähnung thut, dass nämlich die zusammenhängenden Auswüchse der Linie ihn mit Notwendigkeit zu der Annahme führen, dass diese Geschwindigkeit der Fortführung für die verschiedenen Teile des Wirbels äusserst verschieden war, indem ja gewisse Teile der Protuberanz garnicht an der ungeheueren Bewegung längs der Gesichtslinie teilnahmen.

Die oben gegebene Erklärung der Erscheinung auf Grund von anomaler Dispersion löst alles Geheimnisvolle auf.

Es kommt sehr selten vor, dass Protuberanzen eine schnelle Seitenbewegung zeigen, d. h. eine Bewegung im Sonnenmeridian. Fényi erwähnt als Ausnahmefall eine Seitenbewegung von 25 Kilometer pro Sekunde.[1]) Da andererseits Geschwindigkeiten von 250 Kilometern und mehr in der Richtung des Parallelkreises (nach Doppler berechnet) durchaus nichts besonders Ausnahmsweises sind, treffen wir auf Widersprüche — wie dies auch Fényi zugiebt —, die anscheinend unmöglich zu vermeiden sind, wenn wir nicht das wirkliche Vorhandensein dieser Geschwindigkeiten in Zweifel ziehen.

Es ist überraschend und befriedigend zu sehen, wie fast alle Besonderheiten im Verhalten der Protuberanzen, wie diese von Young, Fényi und manchen anderen beschrieben werden, ganz leicht verständlich erscheinen, sobald wir diese Erscheinungen von unserem Gesichtspunkte aus betrachten.

Wir wollen aus diesem umfangreichen Material noch einige weitere Beispiele auswählen.

Fényi sagt (l. c. p. 115):

„Schon seit Jahren habe ich bemerkt, dass helle hervortretende Punkte in der Chromosphäre, welche eine kleine Verschiebung gegen Blau zeigen, der Ort sind, wo alsogleich der Aufstieg einer Flamme oder einer kleinen Protuberanz erfolgt."

Nun schreitet der Vorgang einer Wirbelbildung in einer Unstetigkeitsfläche im allgemeinen von den inneren Teilen der Sonne nach aussen hin vor. In der Achse eines Wirbels ist die Dichte ein Minimum. Folglich wird man in dem Augenblick, wo der Wirbel den scheinbaren Sonnenrand erreicht, ein Dichteminimum vorfinden, das gerade über die Kante hinausragt. Hier haben wir eine Stelle, wo die Dichte von der Photosphäre nach aussen hin zunimmt und wo daher die dem Violett zugekehrte Komponente der chromosphärischen Doppellinie zeitweise vorwiegt: es scheint, als ob eine Verschiebung nach dem Violett hin stattfindet. Kurz darauf beginnen die weiter entfernten Teile zu wirbeln und erscheint die Protuberanz.

In der Beschreibung einer von Fényi am 18. August 1890 beobachteten grossen Protuberanz lesen wir u. a. folgende Einzelheiten[1]):

„Ein ganz besonderes Interesse verleihen dieser an und für sich schon grossartigen Erscheinung die Eigenbewegungen in der Gesichtslinie, die an derselben beobachtet wurden. Eine ungefähr zwischen 40″ und 50″ Höhe liegende Schicht (deren Lage in der beigegebenen Abbildung genau bezeichnet ist) zeigte eine heftige Bewegung gegen die Erde zu. Das rote Licht des Hydrogeniums ergoss sich daselbst in verworrenen Formen über den Spaltrand gegen Blau hinaus, ohne indessen den Spalt ganz zu verlassen. Die Bewegung war durchaus lokal, die Umgebung zeigte keine Spur einer Bewegung. Die Geschwindigkeit derselben war keine ungewöhnlich grosse; ich erhielt aus vier mit dem Fadenmikrometer gemachten Messungen zwischen 11 h. 45 m. und 12 h. 15 m. verschiedene, zwischen 94 und 201 km schwankende Werte. Was aber die Erscheinung zu einer besonders merkwürdigen gestaltet, ist der Umstand, dass, während diese in der Höhe vor sich gehende ganz lokale Bewegung nicht einer Ausströmung zugeschrieben werden kann, dieselbe trotzdem doch eine halbe Stunde lang beobachtet wurde! Nehmen wir als Mittelwert der Geschwindigkeit 150 km pro Sekunde an, so hätte dieser bewegte Teil der Protuberanz während der Zwischenzeit von 30 Minuten gegen 270000 km durchlaufen, also wohl auch den scheinbaren Ort ändern müssen."

Natürlich verschwindet dieser Widerspruch sofort, wenn wir nur annehmen, dass in dem Teile der Protuberanz, der die fortwährende Verschiebung des Wasserstofflichtes nach dem Blau hin zeigte, die Dichte der Sonnenmaterie

1) Fényi, l. c., p. 114.

1) Fényi, l. c., p. 129.

in der von der Photosphäre nach aussen gehenden Richtung zunahm. Diese Voraussetzung ist auch ganz im Einklange mit der Thatsache, dass das Bild dieser Protuberanz sehr bedeutende Wirbelbewegungen unterhalb des betreffenden Teiles und keine nennenswerte Störung oberhalb desselben zeigt.

Die Beobachter haben sich oft das schnelle Verschwinden ausserordentlich grosser Protuberanzen, sowie die vollkommene Ruhe im ganzen Bezirke, einschliesslich der Sonnenoberfläche, kurze Zeit nach Stattfinden einer derartigen heftigen „Eruption", nicht zu erklären gewusst. Es war schwerlich zu begreifen, dass die ausgeschleuderten glühenden Gase ihre bedeutenden Wärmemengen so schnell sollten verlieren können, und dass der Ausbruch keine weiteren sichtbaren Folgen haben sollte.

Nach unserer Theorie ist eine umfangreiche Protuberanz nichts als ein sichtbares Zeichen dafür, dass eine Wirbelbewegung fast gleichzeitig über ausgedehnte Bezirke hin stattfindet. Die sehr beträchtlichen Dichtevariationen in der wirbelnden Masse können jedoch durch Verschiebungen von viel Materie über verhältnismässig geringe Entfernungen aufgehoben werden, ein Vorgang, der natürlich ohne heftige Bewegungen vor sich gehen und doch in kurzer Zeit vollendet sein kann. Es ist also durchaus kein Grund vorhanden zur Annahme, dass eine grosse Protuberanz das Medium in einen Zustand grosser Unordnung versetzen sollte.

Wer Protuberanzen als Eruptionen betrachten will, muss zugeben, dass es eines der schwierigsten Probleme ist, sowohl die ungeheueren Werte der aufsteigenden Geschwindigkeiten, die manchmal zu beobachten sind, als auch die launenhafte Art zu erklären, wie die Geschwindigkeit häufig ohne begreifliche Ursache plötzliche Änderungen erfährt. Am 20. September 1893 war Fényi Zeuge einer Protuberanz, die in einer Viertelstunde 500000 Kilometer hinaufstieg, was einer Durchschnittsgeschwindigkeit von mehr als 550 Kilometer pro Sekunde entspricht. In einem anderen auch von Fényi (15. Juli 1889) beobachteten Falle nahm im Laufe von 10 Minuten die Geschwindigkeit des Aufstieges nacheinander die Werte 72, 6, 65, 24, 154 Kilometer pro Sekunde an, und bei der Protuberanz vom 6. Oktober 1890 ging sie in der Zeit von 30 Minuten durch die Werte 33,8, 79,8, 67,6, 72,7, 127,7, 275,5, 242,3, 121, 57,3 Kilometer pro Sekunde hindurch.

Wenn man das Problem von dem neuen Gesichtspunkte aus betrachtet, so sehen wir, dass die Schwierigkeiten verschwinden infolge der Bemerkung, dass wir es eigentlich überhaupt nicht mit Geschwindigkeiten zu thun haben. Wir können von der Geschwindigkeit reden, mit der Materie sich fortbewegt oder mit der eine Störung von einem Medium fortgepflanzt wird; doch hier haben wir es mit keinem von beiden Fällen zu thun. Wenn irgendwo ein Wirbel auftritt, so entsteht derselbe aus örtlichen Bedingungen und lässt sich nicht als direkt von Stellen aus fortgepflanzt ansehen, wo die Wirbelbewegung kurze Zeit vorher stattfand. Wenn es auch im allgemeinen zutrifft, dass das Brechen einer Welle in den Teilen einer Unstetigkeitsfläche beginnt, die der Sonnenachse näher liegen, und erst später an den entfernteren Stellen stattfindet, so ist hiermit jedoch noch nicht gesagt, dass wir berechtigt wären, diesen Vorgang eine Fortpflanzung von Materie oder von Bewegung in der Richtung der Wirbelachsen zu nennen. Und wo keine Fortpflanzung stattfindet, kann auch von Geschwindigkeit keine Rede sein.

Wenn am Meeresstrande eine breite Welle herankommt und sich bricht, bald hier, bald da, so wird niemand von der „Geschwindigkeit" sprechen, mit der der Schaum oder die Wirbelbewegung längs der Küste sich fortbewegt. Ein jeder weiss, dass der Schaum, das sichtbare Zeichen der Wirbelbewegung, nacheinander an verschiedenen Stellen gebildet wird. Ungefähr ebenso ist es mit den Protuberanzen, den sichtbaren Stellen in der Brandung des Sonnenozeans.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen am 19. August 1902.)

---

## Aus den Sitzungsprotokollen der luftelektrischen Kommission der Delegierten-Versammlung der kartellierten Akademien zu Göttingen.[1])

**I. F. Exner, Bericht über die Thätigkeit der luftelektrischen Stationen der Wiener Akademie.**

Gemäss dem letzten Kartellbeschlusse hat die Wiener Akademie der Wissenschaften im abgelaufenen Jahre 4 luftelektrische Stationen errichtet und zwar in Wien, Triest, Kremsmünster und Innsbruck. Eine fünfte Station, auf der Spitze des hohen Sonnblick, konnte bisher der schlechten Witterungsverhältnisse wegen nicht aktiviert werden, sie wird aber anfangs Mai ihre Thätigkeit aufnehmen.

An den Stationen Wien, Triest und Kremsmünster werden fortlaufende Messungen des Potentialgefälles mittelst selbstregistrierender Instrumente, sowie täglich einmalige Messungen der Zerstreuung der Elektrizität ausgeführt; in Innsbruck wird nur die letztere Beobachtung

1) 15. und 16. Mai 1902.

ausgeführt, während am Sonnblick-Observatorium wieder beide Arten von Messungen vorgenommen werden sollen. Die verwendeten selbstregistrierenden Instrumente sind die von Dr. Benndorf konstruierten, sie registrieren mechanisch, erfordern also keinen photographischen Apparat und funktionieren 8 Tage ohne Bedienung. Als Kollektoren wurden an allen Stationen Radiumpräparate mit sehr gutem Erfolge verwendet.

Alle Stationen haben mit 1. Januar d. J. ihre Thätigkeit aufgenommen; leider waren die Witterungsverhältnisse seitdem für luftelektrische Beobachtungen wenig günstige, doch sollen die Ergebnisse der einzelnen Stationen im folgenden dem Wesen nach mitgeteilt werden; eine Wiedergabe des ganzen Beobachtungsmateriales hätte bei der Kürze der Beobachtungszeit und bei dem informatorischen Charakter, den die Messungen vorläufig tragen, wohl kaum Wert.

I. Station Wien (k. k. Central-Anstalt für Meteorologie, Beobachter Dr. Conrad).

a) Potentialmessungen.

Da es wichtig war, über das korrekte Funktionieren der Radium-Elektroden Aufschluss zu erhalten, so wurden in Wien 2 selbstregistrierende Elektrometer nebeneinander aufgestellt, das eine mit einer Radium-Elektrode, das andere mit einem gewöhnlichen Wasserkollektor verbunden. Die Aufzeichnungen beider sind, bis auf ganz minimale vereinzelte Störungen, vollkommen identisch, so dass die Wirkung der Radiumelektroden als korrekt angesehen werden kann. Seit Beginn der Beobachtungen hat sich an denselben auch keine Veränderung der Wirksamkeit gezeigt.

Die Registrierungen — von 10 zu 10 Minuten — lassen ausser den bekannten Störungen bei Regen, deutlich ein Minimum während der frühen Morgenstunden ($1^h$—$4^h$ a.) sowie ein flaches Nachmittags-Maximum erkennen, doch waren die Witterungsverhältnisse bisher zu ungünstige, um über die tägliche Periode mehr aussagen zu können.

b) Messung der Zerstreuung.

Die täglichen Zerstreuungsmessungen ergaben ein Überwiegen der Zerstreuung negativer Elektrizität; es überwog in 33 Proz. der Fälle die positive, in 67 Proz. die negative Zerstreuung. Auffallenderweise war dabei ein Einfluss der Windrichtung nicht bemerkbar, obwohl das Observatorium am Rande der Stadt gelegen ist. Die Extreme der Zerstreuung waren folgende:

| | Min. | Max. |
|---|---|---|
| $a_-$ . . . | 0,78 . . . | 5,42 |
| $a_+$ . . . | 0,32 . . . | 7,10. |

II. Station Triest, Beobachter Herr Dir. E. Mazelle; derselbe teilt folgendes mit:

Mit Beginn dieses Jahres wurde dem Berichterstatter seitens der K. Akademie der Wissenschaften in Wien, auf Antrag des wirklichen Mitgliedes Prof. Franz Exner, ein Benndorfsches selbstregistrierendes Elektrometer, ein Exnersches transportables Elektroskop, wie auch ein Güntherscher Zerstreuungsapparat nach Elster und Geitel zur Vornahme von luftelektrischen Beobachtungen zur Verfügung gestellt. Die Aufstellung des Elektrometers besorgte in liebenswürdiger Weise Dr. H. Benndorf selbst und konnten diese Beobachtungen mit dem 7. Januar l. J. beginnen.

Dieses Elektrometer wurde im Barographenzimmer des k. k. Observatoriums in Triest — Seehöhe 68 m — aufgestellt, während die Radiumelektrode in der Südwestecke des Beobachtungspavillons, gegen Borastösse geschützt, in einer Höhe von 3 m über den Erdboden isoliert aufgehängt wurde.

Da an eine Ausmessung der Kurven noch nicht geschritten werden konnte, so kann vorläufig nur erwähnt werden, dass aus den Gangkurven mit besonders ausgeprägter täglicher Periode eine doppelte Schwankung ersichtlich wäre, mit den Maxima bei ca. $9\frac{1}{2}^h$ a. und ca. $7^h$ p.

Die Zerstreuungsbeobachtungen konnten mit dem 11. Februar l. J. in Angriff genommen werden und zwar wurde der Günthersche Zerstreuungsapparat in einer Fensternische des Vorzimmers der Direktionskanzlei des Observatoriums, in einer Seehöhe von 66, 12 m über dem Erdboden, aufgestellt.

Für diese vom Referenten täglich um die Mittagszeit vorgenommenen Zerstreuungsmessungen wurde als Zeiteinheit das Intervall von 15 Minuten angenommen.

Zuerst mussten, da schon der kleinste Borastoss in dieser exponierten Lage des Observatoriums den Deckel des Schutzcylinders lüftete, die Messungen ohne Deckel vorgenommen werden, später aber wurde, um den Vergleich mit anderen Beobachtungsstellen zu erleichtern, nachdem ein um den oberen Rand des Schutzcylinders laufender messingener Reifen mit zwei federnden Klammern angebracht wurde, der Deckel stets aufgesetzt.

Aus den bisherigen Beobachtungen über die Elektrizitätszerstreuung lässt sich hervorheben, dass die Tage mit vorwiegender negativer Zerstreuung häufiger vorkommen, als die mit vorherrschender positiver Zerstreuung, da in den 64 Fällen nur 19mal, demnach bei 30 Proz. der Beobachtungen die Zerstreuung des mit positiver Elektrizität geladenen Konduktors grösser war, als die Zerstreuung der negativen Elektrizität, während an 45 Tagen, d. s. 70 Proz., die negative Zerstreuung die überwiegende war.

Trennen wir die Beobachtungen nach der

Bewölkung, indem wir auf Grund der noch zu kurzen Beobachtungsreihe diese Trennung nur nach heiteren (Bewölkung 0—5) und trüben Tagen (Bewölkung 6—10 der 10teiligen Skala, Beobachtung des Himmelszustandes $12^h$ mittags) vornehmen, so folgt, dass die Beobachtungen mit vorherrschender positiver Zerstreuung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,26 bei heiterem Himmel eintreffen, mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.74 hingegen bei bewölktem Himmel, während an den Tagen mit grösserer negativer Zerstreuung diese Wahrscheinlichkeitswerte 0,47 und 0.53 betragen. Es kommt demnach die überwiegende positive Zerstreuung hauptsächlich bei bewölktem Himmel vor, während bei der vorherrschend negativen Zerstreuung sich die Tage mit heiterem und trüben Himmel so ziemlich das Gleichgewicht halten. Hervorzuheben wäre noch, dass bei heiterem Himmel viermal so oft Tage mit grösserer negativer Zerstreuung vorkommen, also solche mit vorwiegender positiver (21 gegen 5), bei bewölktem Himmel kaum zweimal (24 gegen 14).

Bilden wir uns die Quotienten zwischen der negativen und positiven Zerstreuung, so finden wir für die Bewölkung 0—5 einen mittleren Quotienten von 1,22, für die Bewölkung 6—10 hingegen 1,12. Es ist demnach auch die Grösse der negativen Zerstreuung der positiven gegenüber bei heiterem Himmel überwiegender, als bei trübem Himmel.

Schon bei den täglichen Ablesungen machte sich die Thatsache bemerkbar, dass die Zerstreuung bei bewegter Luft grösser wird im Vergleiche zu den Tagen mit Windstille oder kaum bewegter Luft.

Es wurden zur genaueren Darstellung die Angaben des Anemographen der drei Stunden $10^h$ vormittags bis $1^h$ nachmittags herangezogen, die stündlichen Mittel der Windgeschwindigkeit daraus bestimmt und diese in 3 Gruppen geordnet und zwar nach den Schwellenwerten 0—9 km p. Stunde, 10—19 km und mit über 20 km p. Stunde. Für diese Untersuchung wurden die ersten Beobachtungstage, an welchen die Messungen bei unbedecktem Schutzcylinder vorgenommen wurden, nicht berücksichtigt.

Aus den 48 Beobachtungen lassen sich nachfolgende Daten bestimmen:

| | Zerstreuung, △ Volt, in 15 Minuten bei positiver Ladung | bei negativer Ladung |
|---|---|---|
| 0—9 km p. Stunde, 27 Fälle, | 6,70 | 7,87 |
| 10—19 km p. Stunde, 14 Fälle, | 9,48 | 11,18 |
| >20 km p. Stunde, 7 Fälle, | 25,90 | 19,24. |

Man ersieht demnach, wie mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit die Zerstreuung, sowohl die negative als auch die positive wächst.

Besonderes Interesse zeigt der abnorm hohe Elektrizitätsverlust an stürmischen Boratagen. Seit Beginn der Messungen konnten an 5 Tagen die Beobachtungen bei starker Bora vorgenommen werden, wobei die ersten 3 Beobachtungen bei unbedecktem Schutzcylinder stattfanden und demnach zu hohe Zerstreuungswerte ergaben.

Infolge der schon am ersten Boratage sofort auffallenden ausserordentlich raschen Zerstreuung wurde das Elektroskop nicht aus den Augen gelassen und konnte förmlich die successive Abnahme der Blättchendivergenz am Elektroskop verfolgt werden. Namentlich war die sprungweise Abnahme bei jedem Borastoss auffällig.

Die von 5 zu 5 Minuten vorgenommenen Ablesungen ergaben nachfolgende neutralisierte Elektrizitätsmengen, in Volt ausgedrückt:

| | 16. Februar | | 17. Februar | | 19. Februar | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Abnahme in den | + | — | + | — | + | — |
| ersten 5 Minuten | 23,0 | 30,3 | 11,3 | 13.8 | 15,4 | 13,2 |
| zweiten 5 Minuten | 22,0 | 31,0 | 17,0 | 15.3 | 12,9 | 11,4 |
| dritten 5 Minuten | 20,0 | 31,0 | 19,1 | 16.6 | 18,1 | 13,0 |
| 15 Minuten | 65,0 | 92,3 | 47,4 | 45.7 | 46,4 | 37,6 |
| Windgeschwindigkeit in km p. Stunde | 105 bewölkt | | 40 bewölkt | | 48 heiter | |

Anticyklone im Osten und Nordosten Europas Cyklone über Süditalien.

| | 4. März | | 7. April | |
|---|---|---|---|---|
| Abnahme in den | + | — | + | — |
| ersten 5 Minuten | 7,2 | 8,2 | 21,2 | 14,8 |
| zweiten 5 Minuten | 10,7 | 7,1 | 29,5 | 12,6 |
| dritten 5 Minuten | 7,1 | 6 0 | 27,0 | 11,2 |
| 15 Minuten | 25,0 | 21,3 | 77,7 | 38,6 |
| Windgeschwindigkeit in km p. Stunde | 67 bewölkt Anticyklone im Norden Cyklone im Süden Europas. | | 71 Regen Sekundäre Depressionen in der Nord-Adria u. im Golf v. Lyon, Anticyklone im NW. Europas. | |

Zum Vergleiche soll angeführt werden, dass bei unbedecktem Schutzcylinder die kleinste Zerstreuung in 15 Minuten am 14. Februar mit 5,0 Volt bei positiver und 5,1 bei negativer Ladung gefunden wurde und zwar bei bewölktem Himmel und Windstille, bei aufgesetztem Schutzdeckel am 27. Februar mit 3.6 die kleinste positive Zerstreuung, am 28. Februar die kleinste negative Zerstreuung mit 3,3, bei Regen und Windstille.

Inwieweit die oben gefundenen abnorm hohen Zerstreuungswerte mit dem bei Bora stattfindenden Herunterstürzen der Luft aus den hohen Luftdrucken in Zusammenhang zu bringen sind, dürfte bei Fortsetzung dieser Beobachtungen und bei den dann anzustellenden Vergleichen mit den Beobachtungen an Bergobservatorien und in Luftballons entschieden werden.

III. Station Kremsmünster. Beobachtungsort: der astronomische Turm des Stiftes

Kremsmünster ca. 50 m über der Thalsohle; Beobachter: Herr Direktor P. F. Schwab.

a) Potentialmessungen.

Die Kurven des registrierenden Elektrometers zeigen im allgemeinen einen viel gleichförmigeren Verlauf als jene von Wien und Triest, was auf den lokalen Einfluss der Grossstädte zurückzuführen ist. Die seit Anfang Januar fortlaufenden Beobachtungen scheinen eine einfache tägliche Periode zu ergeben, soweit dies vorläufig aus den Diagrammen zu ersehen ist. Vereinzelte Schneefälle scheinen den Gang des Elektrometers nicht wesentlich zu stören, ganz im Gegensatz zu Regenfällen, die schon in geringster Menge sehr starke Störungen zur Folge haben. Das Elektrometer funktionierte zur vollen Zufriedenheit.

b) Zerstreuungsmessungen.

Dieselben wurden täglich zwischen $11^h$ und $1^h$ vorgenommen und ergaben im allgemeinen eine stärkere Zerstreuung der — Elektrizität. Die positive Zerstreuung wurde grösser gefunden in 35 Proz. aller Fälle, die negative dagegen in 65 Proz.

Gleichzeitig wurden auch Messungen der photochemischen Strahlung des Himmels ausgeführt; es zeigte sich zwischen diesen und den Koeffizienten der Zerstreuung kein einfacher Zusammenhang.

IV. Station Innsbruck. An dieser Station wurden nur Zerstreuungsmessungen ausgeführt und zwar durch Prof. P. Czermak an der dortigen Universität.

Die Beobachtungen wurden mit Dezember 1901 begonnen und bis auf eine Lücke von 26 Tagen zu Ende dieses Monats und Anfang des Januar 1902 regelmässig fortgeführt. Bis jetzt liegen 98 Beobachtungen zur Mittagszeit vor, unter welchen 24 Föhntage enthalten sind. An 23 Tagen wurde auch noch eine Nachmittagsbeobachtung gemacht.

Die vorläufigen Ergebnisse sind folgende:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Das Mittel aller 98 Beobachtungen zu Mittags ist | $a_- = 1{,}89$ | $a_+ = 2{,}01$ | $q = 0{,}94$ |
| Das Mittel der 74 Mittagsbeobachtungen ohne Föhn | 1,65 | 1,70 | 0,97 |
| Das Mittel der 24 Mittagsbeobachtungen mit Föhn | 2,65 | 2,95 | 0,89 |
| Das Mittel der 23 Mittagsbeobachtungen mit gleichzeitigen Nachmittagsbeobachtungen | 2,04 | 2,03 | 1,01 |
| Das Mittel der 23 Nachmittagsbeobachtungen | 3,29 | 3,29 | 1,01 |

Man kann aus dem Zahlenmateriale vorläufig ersehen, dass:

1. An 40 Tagen die negative, an 58 Tagen die positive Zerstreuung überwog.
2. Bei einer Ordnung der Werte nach Pentadenmitteln die Zerstreuung seit dem Winter in stetem Wachsen begriffen ist.
3. Die Zerstreuung an Föhntagen stets erhöht ist.
4. An den 23 Tagen die Nachmittagsbeobachtungen ebenfalls einen wesentlich höhern Wert ergaben als die Mittagsbeobachtung.

Im Gegensatze zu den Messungen in Wien, Triest und Kremsmünster sind also hier die positiven Zerstreuungen häufiger die überwiegenden.

**II. H. Ebert, Über die in München im Jahre 1901/1902 ausgeführten luftelektrischen Arbeiten.**[1]

Ausgedehntere Messungsreihen über die elektrische Leitfähigkeit der Luft wurden von München aus von den Herren C. W. Lutz und C. Ruf unternommen, wobei verschiedene Elster-Geitelsche Zerstreuungsapparate mit einigen Abänderungen benutzt wurden, sowohl mit Schutzdach, sowie ohne dieses innerhalb isolierter oder abgeleiteter Drahtnetzkäfige. Ferner wurde der von Ebert[2]) beschriebene Aspirationsapparat in verschiedenen Modifikationen verwendet und meist auch gleichzeitig Potentialmessungen angestellt in der Fr. Exner-Elster-Geitelschen Anordnung mit Flammenkollektor und einem Güntherschen Elektroskope mit stufenweise abzugleichender Empfindlichkeit.

Gewöhnlich wurde mit zwei Zerstreuungsapparaten gleichzeitig beobachtet, von denen der eine als Vergleichsapparat diente. Die Instrumente sind am gleichen Standorte und unter denselben atmosphärischen Bedingungen wiederholt miteinander verglichen worden. Die Faktoren, welche die Angaben des einen Instrumentes auf diejenigen des anderen reduzieren, haben sich dabei als nahezu unveränderlich mit der Zeit ergeben.

Eine Erscheinung, die im Frühjahr wiederholt beobachtet wurde, konnte im Sommer nicht wiedergefunden werden, dass nämlich die Erdung des Schutzdaches und die Aufhebung der Erdleitung und isolierte Aufstellung des Zerstreuungsapparates den Sinn der am Erdboden meist gefundenen Unipolarität des Leitvermögens umkehren könne.

Mit Erfolg wurden Versuche ausgeführt, die Angaben der Elster-Geitelschen Apparate auf absolutes elektrostatisches Mass zurückzuführen, indem die Kapazität des aus Elektroskop, Zerstreuungskörper und Schutzdach, bez. Käfig bestehenden Systems durch Ladungsteilung mit gut isolierten Kugeln von verschiedener Grösse in Centimeter ermittelt wurde. Die auf absolutes Mass umgerechneten, in bestimmten Zeiten neutralisierten Elektrizitätsmengen ergaben Werte für die Intensität der Elektronenströme, die mit denen von Ruther-

1) Mitteilung aus dem physikalischen Institute der technischen Hochschule München.

2) Diese Zeitschrift 2, 662. 1901.

ford-Allen[1]) und Ebert[2]) auf anderem Wege gewonnenen der Grössenordnung nach übereinstimmen.

Von C. Lutz am Südende des Starnberger Sees (in Seeshaupt) während der verschiedenen Jahreszeiten angestellte Messungen ergaben u. a. folgende Resultate:

1. Abwärtssteigende Luftströmungen führen immer einen grossen Reichtum an Ionen, namentlich solche positiven Zeichens mit sich. So wurde eine bedeutend schnellere Zerstreuung von —Ladungen als an normalen Tagen beobachtet: a) wenn anticyklonale Luftbewegung (Aufklärung) eintrat, b) bei Föhnlage.

2. Während der Sommer- und Herbstmonate 1901 wurde an klaren Tagen eine deutliche tägliche Periode der unipolaren Leitfähigkeit $q = \frac{a_-}{a_+}$ beobachtet und zwar trat ein Max. vor $9^h$ vormittags, ein Min. zwischen $11^h$ und $12^h$, ein Max. zwischen $3^h$ und $4^h$ ein; häufig stellte sich ein plötzliches Anwachsen von $q$, ein „Sprungmaximum" kurz nach Sonnenuntergang ein (vgl. damit die von Exner beobachteten Sprungmaxima im Potentialgefälle). Während der Nacht gehen die Zerstreuungswerte auf ihren normalen Betrag wieder zurück.

3. Wenn Tau fällt, steigt $q$ oft sehr rasch an, ohne dass $a_-$ sich wesentlich ändert, d. h. es tritt eine Verminderung in der Zahl der in der Nähe des Bodens vorhandenen negativen Elektronen ein. Dies kann wohl nur so gedeutet werden, dass diese bei der Kondensation leichter niedergeschlagen werden, ganz im Sinne der Wilsonschen Experimente.

4. Die Elektrizitätszerstreuung ist besonders gering in dichten Wäldern und für beide Vorzeichen von gleicher Grösse.

Grössere Baumgruppen oder Häuser, die den Standort des Apparates umgeben, vermindern die Elektrizitätszerstreuung, wenn sie nicht mindestens 20 m entfernt liegen.

5. Vor Gewittern ergeben sich meist auffallend grosse Zerstreuungswerte.

6. Eine Anomalie der Elektrizitätszerstreuung wurde am Ufer des Starnbergersees selbst und am Rande völlig stillstehender Sumpfseen gefunden. Dort ergaben sich ausserordentlich grosse Zerstreuungswerte für — Ladung. Über 100 m land- und seeeinwärts stellten sich wieder normale Werte ein.

7. Die Ablesungen erfolgten immer in Intervallen von je 5 Minuten; häufig wurden diese Ablesungsreihen mit derselben Ladung über längere Zeiträume erstreckt. Die aus den einzelnen Intervallen berechneten Zerstreuungen folgen nicht dem Coulombschen Gesetze, demzufolge Proportionalität zwischen Spannung und Spannungsverlust bestehen müsste, und weisen auch sonst keine einfache Gesetzmässigkeit auf.

In Schaufling bei Deggendorf in Niederbayern führte tägliche Messungen der Zerstreuung mit dem Elster-Geitelschen Apparate unter gleichzeitiger Bestimmung der meteorologischen Elemente Herr Pfarrer Dr. M. Maier mit grosser Regelmässigkeit aus. Leider starb der überaus rührige und gewissenhafte Beobachter im Laufe dieses Jahres; das reiche, von ihm gesammelte Beobachtungsmaterial wurde von den Erben dem physikalischen Institute zur Bearbeitung überwiesen, die aus demselben sich ergebenden Resultate werden demnächst publiziert werden.

Die Tageskurve der Grösse $q$ und namentlich das Springen der ihr entsprechenden Zahlenwerte am Vormittage heisser Sommertage wurde auch in Schaufling oft erhalten. Bemerkenswert ist, dass hier am Fusse des bayerischen Waldes nordöstlicher über das Gebirge her herüberkommender Wind häufig föhnartige Wirkung, d. h. ein plötzliches in die Höhegehen der Grösse $q$ bedingte.

Um die Leitfähigkeit der Luft auch in den höheren Schichten bei sommerlicher Wetterlage zu untersuchen, haben R. Emden und ich am 13. Juli 1901 eine luftelektrische Ballonfahrt unternommen, während der gleichzeitig unten am Boden Messungen mit verglichenen Apparaten angestellt wurden; die Resultate dieser (4.) Fahrt werden demnächst publiziert.

Um auch über den Ausgleich der Erdladung einen quantitativen Anhalt zu bekommen, wurden ausserhalb Münchens Beobachtungen in der Weise angestellt, dass an einer 2 qm grossen im Freien horizontal isoliert aufgestellten, mit Vegetation bedeckten Metallplatte der Ausgleich zwischen der negativen Bodenelektrizität und den positiven Ionenladungen der Atmosphäre galvanometrisch verfolgt wurde; dabei wurden im Herbst Stromstärken von $2 \cdot 10^{-12}$ Ampère oder Stromdichten von $10^{-16}$ Ampère/cm$^2$ erhalten.[1])

Auch für die von Elster und Geitel angeregten Beobachtungen in Kellern fand sich in München eine sehr günstige Gelegenheit, indem ein rund 500 cbm grosser Kellerraum nach aussenhin vollkommen abgeschlossen werden konnte. Es wurde vermieden, den Raum mit offenen Flammen zu betreten, um keine Flammengasionen einzuführen; Auerlicht ist niemals in dem Keller gebrannt worden, so dass auch eine Infektion der Luft durch Thorerdestaub unwahrscheinlich ist; auch hat H. Ruf Isoliermasse der Dampfheizungsrohre, Staub vom Boden, Kalk- und Cementmörtel und Steine von den

1) Diese Ztschr. 3, 227, 1902.
2) Diese Ztschr. 3, 338, 1902.

1) Diese Zeitschrift 3, 338, 1902.

Wänden und der Decke des Kellers mit einem Zerstreuungsapparate zusammen unter einer Glasglocke untersucht; keinerlei radioaktive Substanzen waren nachweisbar; endlich sind nie Apparate in den Keller gebracht worden, die je mit stärkeren radioaktiven Substanzen in Berührung gekommen sind. Trotzdem ergaben sich in der völlig ruhigen Luft sehr grosse Werte der Zerstreuung; die Verluste infolge nicht ganz vollkommener Isolation wurden immer in Rechnung gebracht. Nach dem Lüften des Kellers ging der Ionengehalt auf den auch in der freien Atmosphäre angetroffenen herab.

Bei allen Messungen, bei denen immer eine mit positiver und unmittelbar daran anschliessend eine mit gleichhoher negativer Ladung miteinander abwechselten, war bei geerdetem Schutzdach die Zerstreuung der positiven Ladung durchweg grösser als die der negativen Ladung. Da die Versuche mit dem Aspirationsapparate gleiche Mengen von + und — Elektrizität im Kubikmeter ergaben, so kann jenes Verhalten als Ausdruck für die grössere Wanderungsgeschwindigkeit der der — Ionen gegenüber der der + Ionen betrachtet werden.

In dieser ionenreichen Luft gelangen auch die Radioaktivierungen negativ geladener Drähte vorzüglich, die schon während des vergangenen Sommers mit Erfolg im Freien ausgeführt worden waren. Benutzt wurden Kupfer- und Aluminiumdrähte von 0,5 bezw. 1,0 mm Durchmesser und ca. 60 m Länge, welche an Isolierträgern von der von Elster-Geitel angegebenen, von Günther in Braunschweig ausgeführten Form (Hartgummi mit Natriumtrocknung) ausgespannt waren. Um den Betrag, der auf diesen Drähten induzierten Radioaktivität festzustellen, wurden teils mit den beim Abreiben der Drähte mit Lederlappen auf diesen zurückgebliebenen Rückständen Radiogramme von Kupfer- oder Bleischablonen durch Aluminiumbleche hindurch angefertigt. Die erhaltenen Negative sind zum Teil überaus kräftig, so dass an der Aktivierung der Drähte nicht gezweifelt werden kann; teils wurde die Ionisierung bestimmt, welche die auf eine Trommel aufgewickelten und aus dem Keller herausgebrachten Drähte einem den Zerstreuungskörper eines Elster-Geitel-Apparates umgebenden bestimmten Luftquantum erteilten. Der Ionengehalt dieses Luftquantums war in 40—50 Minuten auf die Hälfte seines ursprünglichen Wertes herabgesunken, so dass wir hier fast genau auf dieselben Abklingungswerte wie Rutherford und Allen kommen. Auch dieses Ergebnis spricht dafür, dass keine Thoriuminfektion der Luft vorlag, da die durch Thorstrahlen induzierte Radioaktivität durch eine ganz andere Abklingungskonstante charakterisiert ist.[1])

1) Rutherford-Allen, Diese Ztschr. 3, 228, 1902.

Man hat vielfach die Frage diskutiert, welches die Träger dieser eigentümlichen Strahlungsinduktion in der atmosphärischen Luft sind. Da sie auf einem negativ geladenen Leiter angesammelt werden, so ist ohne weiteres klar, dass sie nicht elektrisch neutral sein können, sondern mit präformierter freier positiver Elektrizität beladen sein müssen. Sehr instruktiv waren in dieser Beziehung die während der Drahtexposition gleichzeitig von C. Ruf ausgeführten Messungen der Zerstreuung. Von dem Momente an, in dem der Draht mit Hilfe eines Induktoriums (unter Zwischenschaltung von Platte und Spitze und eines nassen Fadens zur Dämpfung der Oszillationen) auf 2000—3000 Volt geladen wurde, ging an dem 2 m entfernten Apparat die Zerstreuung für —Ladung von $a_- = 34{,}0$ Proz. auf $a_- = 9{,}0$ Proz. herab, dagegen für positive Ladung von $a_+ = 38{,}5$ Proz. auf $a_+ = 47{,}7$ Proz. hinauf. Wir haben hier also einen deutlichen Einfluss des von dem Drahte ausgehenden elektrischen Kraftfeldes vor uns. Es dauerte gewöhnlich 15 Minuten bis sich ein den früheren Verhältnissen entsprechender Gleichgewichtszustand in der Ionenführung des Luftraumes nach Abstellen des Induktoriums wieder herstellte.

Im Laboratorium wurden zahlreiche Zerstreuungsmessungen unter Glasglocken, wie sie zuerst von Elster und Geitel angestellt wurden, von C. Ruf für verschiedene Gase durchgeführt. Es ergab sich, dass bei zwei Luftproben, die unter gleichen Bedingungen in Glocken von 18 bezw. 68 l Inhalt eingeschlossen worden waren, die nach gleichen Zeiten gemessenen Zerstreuungen sich annähernd verhielten wie die Volumina.

Durch Einwirken von Salzsäure auf Marmor frisch bereitete Kohlensäure wurde in die kleinere Glasglocke gefüllt. Sie zeigte gleich nach dem Einfüllen starken Ionengehalt, der aber bald wieder abnahm, um mit der Zeit ähnlich wie bei der Luft wieder anzusteigen.

Versuche mit Füllungen von Sauerstoff und Leuchtgas ergaben in der kleineren Glocke zwar auch Zunahmen der Zerstreuung mit der Zeit, aber in sehr wechselndem Betrage.

Mehrere Reihen von Messungen mit gut isolierten Drahtkäfigen von verschiedener Maschenweite wurden in einem vorher gründlich ausgelüfteten Zimmer des Laboratoriums angestellt, um den Einfluss mit der Ladung des Zerstreuungskörpers gleichnamiger oder ungleichnamiger Käfigladungen zu studieren. Diese Untersuchungen sowie andere über die Wirkungsweise der verschiedenen Kollektorenformen, namentlich auch in ionisierter Luft, wurden zu dem Zwecke vorgenommen, um die für luftelektrische Messungen im Luftballon günstigsten Verhältnisse auszuprobieren.

**III. J. Elster, Über gemeinsam mit Herrn Geitel konstruierte transportable Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität der natürlichen Luft.**

Für die auf Metalldrähten durch den Kontakt mit der natürlichen Luft hervorgerufene induzierte Radioaktivität haben sich folgende Gesetzmässigkeiten ergeben: Die am Zerstreuungselektrometer gemessene Aktivität ist der Länge der Drähte proportional, dabei ist sie unabhängig vom Durchmesser des Drahtes, solange derselbe etwa 1 mm nicht überschreitet. Drähte von 2 mm Stärke und darüber geben ceteris paribus in geschlossenen Räumen etwas höhere Werte. Von der Natur des Metalles ist sie unabhängig; selbstleitend gemachte Hanfschnüre verhalten sich so wie Drähte von gleichen Dimensionen. Für dünne Drähte ist sie praktisch von der Höhe des Potentials, auf welches der exponierte Draht gebracht wurde, unabhängig, sofern dieses nur 2000 Volt überschreitet und schliesslich hat sich gezeigt, dass die Aktivierung im wesentlichen nach einer Expositionszeit von 2 Stunden beendet ist.

Aus der Zahl der Volt, um die das Potential des Zerstreuungskörpers im geschlossenen Schutzcylinder durch die Strahlung eines Drahtes von gegebener Länge und etwa $^1/_2$ mm Stärke in einer gemessenen Zeit sinkt, lässt sich daher stets die Potentialerniedrigung berechnen, welche die Längeneinheit des Drahtes in der Zeiteinheit bewirken würde. Wir nennen diese von den Dimensionen des Zerstreuungsraumes abhängige Zahl die Aktivierungszahl $A$ und setzen $A = 1$, wenn die von 1 m Draht in 1 Stunde bewirkte Potentialerniedrigung 1 Volt beträgt.

Es hat sich nun ergeben, dass diese Aktivierungszahl $A$ in geschlossenen Räumen im wesentlichen durch die Höhe des Zerstreuungskoeffizienten $a$ bestimmt wird. Je höher dieser, um so grösser auch jene. Vielleicht interessieren einige Zahlen: In einem etwa 5 cbm grossen, seit Jahren geschlossenen Brunnenschachte war $A = 2800$, der Zerstreuungskoeffizient $a$ konnte nicht bestimmt werden. In der Baumannshöhle bei Rübeland im Harz war bei einer prozentualen Zerstreuung von ca. 30 Proz. $A = 1800$. Im Keller des Archivs zu Wolfenbüttel war $A = 400—800$ bei einer Zerstreuung von 4—9 Proz. In unserem im Erdgeschoss gelegenen Laboratorium ergab sich, nachdem dasselbe mehrere Tage geschlossen gehalten war: $A = 370$, $a = 3—4$ Proz. In dem Keller eines benachbarten Hauses war $A = 200$, $a = 3{,}5$ Proz. In einer Sandsteinkasematte des Regensteines bei Blankenburg am Harz $A = 60$; $a$ wurde nicht bestimmt. In dem oberen Raume unseres Laboratoriums fand sich: $A = 50$; $a$ ca. 2 Proz. und schliesslich im Physiksaal des Gymnasiums war $A = 14$; $a$ nur 0,5 bis 1 Proz.

In freier Luft liegen die Verhältnisse weit komplizierter. Eine einfache Beziehung zwischen $A$ und dem Zerstreuungskoeffizienten $a$ konnten wir bislang nicht auffinden; ebensowenig eine Abhängigkeit dieser Grösse von den sonstigen meteorologischen Elementen des Beobachtungstages. Seit Mitte Dezember vorigen Jahres haben wir etwa 90 Messungen im Freien zur Ermittlung der Aktivierungszahl angestellt. Das Maximum $A = 50$ wurde bei leichtem Schneefall beobachtet, das Minimum $A = 5$ bei bedecktem Himmel und ziemlich klarer Luft. Der Mittelwert aus den bislang vorliegenden Beobachtungen dürfte etwa 20 sein. Bemerkenswert erscheint uns, dass auch bei dichtem Nebel Aktivierungen erzielt werden, die bis zu $A = 40$ ansteigen können, und dass häufig Minima der Aktivierung mit Maximis des Barometerstandes zusammentreffen.

Dass auch das natürliche elektrische Feld der Erde Aktivität hervorruft, haben wir schon früher (Aktivierung einer Drachenschnur)[1]) nachgewiesen. Neuerdings haben wir zwischen zwei 32 m voneinander liegenden Häusern einen Draht etwa 20 m über dem Erdboden frei ausgespannt und bei schönem Wetter einige Tage dort belassen. Nach dem Einholen des Drahtes fand sich $A = 2{,}5$. Fast dieselbe Zahl lieferte eine unter analogen Bedingungen gespannte Hanfschnur. Hierdurch ist direkt bewiesen, dass die der Erdoberfläche aufgelagerte Luftschicht unausgesetzt von Becquerelstrahlen schwacher Intensität durchsetzt wird. In der Grenzschicht zwischen Luft und Erde findet daher ständig eine durch Becquerelstrahlen bedingte Neubildung von Ionen statt.

Fortlaufende Messungen der Aktivierungszahl an ein und demselben Orte, sowie zunächst orientierende Messungen an klimatisch möglichst verschiedenen Orten halten wir daher für wünschenswert. Zur Erleichterung derartiger Beobachtungen haben wir Apparate konstruiert, die handlich und leicht transportabel sind. Das gesamte Instrumentarium besteht ausser einem Zerstreuungselektrometer mit auch unten geschlossenem Schutzcylinder[2]) aus folgendem:

1. aus einer Zambonischen Hochspannungstrockensäule von ca. 2300 Volt Polspannung und den notwendigen Schaltvorrichtungen.

2) Aus einem transportabeln Hochspannungselektroskop nach Braunschem Prinzip, jedoch mit Bernsteinisolation und Natriumtrocknung.

3) Aus einem Drahtnetzcylinder mit aufgewickeltem Drahte von etwa 20 m Länge, der

1) Diese Zeitschrift **3**, 79, 1901.
2) Vergl. ebenda **3**, 305, 1902.

in den geschlossenen Schutzcylinder des Zerstreuungsapparates eingeführt werden kann.

4) Aus zwei Drahthaltern aus Ebonit mit Natriumtrocknung, die bei geeigneter Behandlung selbst in den feuchtesten Räumen ihre Isolationsfähigkeit bewahren.

Wir beabsichtigen, dies gesamte Instrumentarium, dessen genauere Beschreibung wir an einem anderen Orte geben werden, kompendiös in einen Kasten einzubauen, so dass für Versuche z. B. in unterirdischen, natürlichen Höhlen nur die Mitführung einer leicht transportablen Kiste notwendig wird.

### IV. J. Elster, Über gemeinsam mit Herrn Geitel ausgeführte Versuche über induzierte Radioaktivität der atmosphärischen Luft durch positive Potentiale.

Die von Herrn Sella getroffene Anordnung, eine auf positivem Potentiale gehaltene Metallplatte durch das Effluvium einer ihr gegenüber gestellten negativ elektrisierten Metallspitze vorübergehend zu aktivieren, gab uns Veranlassung, die Frage wieder aufzunehmen, ob bei positiver Elektrisierung gespannter Drähte in Räumen mit hoher Elektrizitätszerstreuung nicht doch auch induzierte Radioaktivität erzeugt werde. Wir hatten nämlich früher gelegentlich auch bei positivem Potential des exponierten Drahtes geringe Aktivierungen beobachtet, schoben jedoch die meist sehr kleine Wirkung auf das Vorhandensein elektrischer Schwingungen in dem gespannten Drahtsystem, das wir an ein Induktorium angeschlossen hatten.

Neuerdings im Keller des Archivs zu Wolfenbüttel unter Benutzung der Hochspannungstrockensäule nach dieser Richtung hin angestellte Versuche haben ein positives Resultat ergeben. Die Wirkung ist zwar (etwa 30 mal) schwächer, als bei negativer Elektrisierung des Drahtes, aber immerhin so ausgesprochen, dass an der Realität der Erscheinung nicht gezweifelt werden kann.

Ein Aluminiumdraht von 13 m Länge wurde vom 1. Mai $7_p$ bis zum 2. Mai $10_a$ positiv (auf ca. 2300 Volt) geladen an genanntem Orte exponiert. Nach dem Einholen des Drahtes ergaben sich am Zerstreuungselektrometer folgende Zahlen:

| Zeit | Divergenz | Volt |
|---|---|---|
| 0′ | 21,0 | 260 |
| 1′ | 19,5 | 254 |
| 2′ | 18,1 | 247 |
| 3′ | 16,8 | 242 |
| 10′ | 9,8 | 198. |

Die Abnahme des Potentials betrug also in 10 Minuten 62 Volt.

Vor Einführung des Drahtes war gefunden:

| Zeit | Differenz | Volt |
|---|---|---|
| 0′ | 20,0 | 256 |
| 10′ | 19,0 | 251, also nur |

eine Abnahme von 5 Volt. Es haben also 13 m Draht in 1/6 Stunde eine Potentialerniedrigung von 62—5 = 57 Volt herbeigeführt. Daraus berechnet sich die Aktivierungszahl $A$ zu 26. Nach 1/2 Stunde war $A$ gesunken auf 20 und nach 6 Stunden auf etwa 2. (Des Vergleichs wegen führen wir an, dass bei einem unmittelbar darauf in denselben Räumen mit negativ geladenen Drähten angestellten Versuche sich $A$ zu 820 ergab.)

Blei-, Kupfer- und Platindrähte zeigten ebenfalls in der Kellerluft deutliche Aktivität durch positive Ladung, desgleichen Hanfschnüre.

Ein im Freien exponierter positiv geladener Platindraht von 13 m Länge liess dagegen in Übereinstimmung mit unseren früheren Versuchen eine unzweideutige Aktivierung nicht erkennen.

Sollte in Thoriumluft induzierte Radioaktivität auf positiv geladenen Leitern nicht erzeugt werden, so würde sich durch das geschilderte Verhalten positiv elektrisierter Drähte die aus der natürlichen Luft stammende radioaktive Substanz spezifisch von der durch Thorium erzeugten radioaktiven Emanation unterscheiden. Ob dem so ist, müssen weitere Versuche, die wir anzustellen beabsichtigen, lehren.

### V. H. Geitel, Über einige gemeinsam mit Herrn Elster angestellte Versuche über die elektrische Zerstreuung in der Luft.

Diese bezogen sich zunächst auf die Beeinflussung der Elektrizitätszerstreuung durch äussere, d. h. nicht von der Ladung des Versuchskörpers abhängige elektrische Kräfte. Die Ergebnisse haben eine gewisse Bedeutung für die Zerstreuungsmessungen in der freien Atmosphäre, die ja stets unter dem Einfluss des Erdfeldes stehen. Es zeigte sich in Übereinstimmung mit früheren Erfahrungen[1]), dass in staubfreier, lange Zeit abgeschlossen gehaltener Luft die am Zerstreuungsapparate gemessenen Elektrizitätsverluste schon bei Erregung eines äusseren Feldes von weniger als $1\ \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$ merklich vermindert werden. Der Zerstreuungsapparat stand bei diesen Versuchen mit Schutzdach versehen auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte, umgeben von einem isolierten Ringe aus Drahtgeflecht. Das Ganze war mit einer Glasglocke überdeckt. Durch Verschiebung einer isolierten Sonde, die luftdicht in einem Tubus der Glasglocke eingelassen war, konnte nach Belieben der Zerstreuungskörper wie der erwähnte Ring elektrisch geladen oder zur Erde abgeleitet werden.

Am ersten Tage nach der Zusammensetzung des Apparates sank das Potential des geladenen

1) Diese Zeitschrift **2**, 116, 1900.

Zerstreuungskörpers, während alle übrigen Teile des Apparats mit der Erde in Verbindung standen, um 33,5 Volt in der Stunde. In bekannter Weise[1]) stieg dieser Verlust in der eingeschlossenen Luft allmählich an, bis nach Verlauf von 6 Tagen das Maximum von etwa 67 Volt erreicht war. Es genügte nun, zwischen dem Schutzcylinder des Zerstreuungsapparats und dem in etwa 3—4 cm Abstande befindlichen Ringe durch Anlegen der Poldrähte einer einzigen Akkumulatorzelle eine Potentialdifferenz von etwa 2 Volt herzustellen, um durch den so eingeleiteten „Querstrom" den Spannungsverlust auf 50 Volt in der Stunde herabzumindern. Bei Verwendung von 16 Zellen ging der Verlust auf 25 Volt herab. Die Isolation des Apparats wurde, wie immer, unter Weglassung des Zerstreuungskörpers geprüft, es ergab sich alsdann ein Sinken des Potentials um nur 0,9 Volt in der Stunde.

Im Zusammenhange mit der auch in diesen Versuchen wieder hervortretenden grossen Beweglichkeit der Ionen in abgestandener Luft zeigte sich in Kellern bei Anwendung des sogenannten Fangkäfigs eine im allgemeinen noch weit auffälligere Abhängigkeit der Zerstreuung vom Vorzeichen der Ladung des Käfigs als in der freien Atmosphäre. Wurde der letztere mittels einer Zambonischen Säule auf etwa + 300 Volt geladen gehalten, so standen die Beträge der Elektrizitätszerstreuung in seinem Innern, je nachdem Zerstreuungskörper und Käfig von gleichnamiger oder entgegengesetzter Ladung waren, im Verhältnis von 65 : 1. War das Potential des Fangkäfigs niedriger, so traten die polaren Unterschiede weniger scharf hervor, doch war selbst bei Anlegung von nur einer Akkumulatorzelle noch ein Einfluss des Vorzeichens seiner Ladung bemerklich.

Polare Unterschiede in der Elektrizitätszerstreuung, besonders in sehr reiner Luft, brauchen daher nicht notwendig auf einem Überschusse der einen Ionenart zu beruhen, sie können auch durch äussere elektrische Kräfte, vor allem durch das Erdfeld, hervorgerufen werden, indem das Schutzdach des Apparats sowie benachbarte Leiter die Rolle des Fangkäfigs spielen.

Ferner sind zahlreiche Versuche gemacht in der Absicht, die Quelle der radioaktiven Eigenschaften der Luft festzustellen, aber alle mit negativem oder unsicherem Erfolge. Insbesondere fand sich keine merkliche Aktivität in dem Gestein der Wände von Höhlen und Kellern, deren Luft von abnormer Leitfähigkeit war. Bei den Aktivierungsversuchen in der freien atmosphärischen Luft wurde auch auf einen möglichen Einfluss der Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd geachtet.[1]) Es wurde die Aktivierung unter sonst identischen Bedingungen mit Hanfschnüren vorgenommen, die mit salzhaltigem Wasser allein oder unter Zusatz einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd getränkt waren. Ein Unterschied in der Aktivität war nicht zu erkennen. Ebenso erwies sich in dem geschlossenen Raume der oben erwähnten Glasglocke die Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd als ohne Einfluss auf die Elektrizitätszerstreuung.

Ferner versuchten wir, ob, wie aus der Atmosphäre, sich vielleicht auch aus grösseren Wassermengen radioaktive Stoffe abscheiden liessen. Unterwirft man eine Lösung von Uranerzen der Elektrolyse, so zeigt sich die Kathode entsprechend der metallischen Natur der radioaktiven Begleiter des Urans viel kräftiger wirksam als die Anode. Wir liessen nun einen Aluminiumdraht von etwa 20 m Länge 24 Stunden lang in der an unserm Wohnort vorüberfliessenden Oker liegen, indem wir von ihm als Kathode aus einen Strom von 1—2 Ampère in das Wasser schickten. Der nach Ablauf dieser Zeit stark mit Calciumcarbonat überzogene Draht liess indessen keine Aktivität erkennen. —

Die durch den Prozess der Elektrizitätszerstreuung auf einer Kathode hervorgerufene vorübergehende Radioaktivität kann unter Umständen auch die Angaben des Zerstreuungsapparats störend beeinflussen. Lässt man auf eine Zerstreuungsmessung in der stark ionisierten Luft eines Kellers oder einer Höhle unmittelbar eine weitere Beobachtung mit demselben Apparate in der freien Luft folgen, so fällt deren Ergebnis stets zu gross aus, indem das Schutzdach oder der Zerstreuungskörper selbst je nach dem Vorzeichen der vorher angewandten Ladung eine induzierte Aktivität angenommen hatten. Die Störung verschwindet mit dem Erlöschen dieser Aktivität nach mehreren Stunden von selbst. Es ist nun nicht ausgeschlossen, dass bei fortgesetztem Gebrauche eines und desselben Apparats eine merkliche Wirksamkeit von einer Messung zur andern bestehen bleibt, die sich in zu hohen Werten der Zerstreuungskoeffizienten zu erkennen giebt. Es ist uns aufgefallen, dass Apparate, die neu aus der Werkstatt des Mechanikers hervorgegangen sind, stets geringere Beträge als solche ergaben, die zu täglichen Messungen dienten. Wir möchten die Aufmerksamkeit anderer Beobachter auf diese Erscheinung lenken.

Schliesslich wurde eine Vorrichtung demonstriert, die den Zweck hat, Fehler bei der Ablesung des Exnerschen Elektroskops auszuschliessen. Die vordere Glaswand des Elektroskops trägt nicht, wie bei der üblichen Form,

1) Vgl. diese Zeitschrift 1, 245, 1900.

1) In Rücksicht auf Versuche von d'Arcy über Elektrizitätszerstreuung im Lichte von einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd aus. (Phil. Mag. [6], 3, 42—52, 1902.)

eine Papierskala, sondern ist in ihrem unteren Teile durch eine auf der innern Fläche niedergeschlagene Silberschicht spiegelnd gemacht. Ihr gegenüber befindet sich die aus Milchglas hergestellte Skala, deren Abstand von der Spiegelfläche so eingestellt werden kann, dass ihr Bild genau in die Ebene der vorderen Ränder der Blättchen fällt. Infolgedessen ist die Ablesung an diesem Spiegelbilde von der Entfernung des Auges unabhängig und auch Parallaxenfehler sind ausgeschlossen. Zur Erhöhung der Genauigkeit der Ablesung kann eine Lupe zu Hilfe genommen werden.

(Eingegangen 10. August 1902.)

## Neue Vorlesungsversuche über schnelle elektrische Schwingungen.

Von Georg Seibt.

Seit den klassischen Versuchen von Heinrich Hertz hat man mehrfach versucht, die wellenartige Ausbreitung elektrischer Schwingungen und die Erscheinungen der elektrischen Resonanz durch Vorlesungs-Experimente anschaulich darzustellen. Besondere Verbreitung gefunden haben die Lechersche Anordnung in Verbindung mit der Aronsschen Röhre, der von Lodge angegebene Apparat und, last not least, die brillanten, an den Namen Nicola Tesla sich anschliessenden Experimente.

In folgendem soll die Beschreibung eines Universal-Instrumentariums gegeben werden, welches nicht nur einen Ersatz für die oben erwähnten Apparate bietet, sondern auch gestattet, eine ganze Reihe neuer, packender Experimente anzustellen. Hierzu gehören:

Die sichtbare Darstellung elektrischer Wellen in spulenförmigen Leitern,

die Abstimmung in der Wellen-Telegraphie,

einige akustisch-elektrische Analogien,

neue interessante Leuchterscheinungen.

Die wissenschaftlichen Grundlagen des Instrumentariums sind in früheren Untersuchungen von mir (Rostocker Inaugural-Dissertation 1902 oder Elektrotechnische Zeitschrift 1902, Heft 15—19)[1]) enthalten. Die Mehrzahl der Experimente habe ich während meiner Thätigkeit als Assistent des Herrn Prof. Slaby im elektrot. Laboratorium d. Techn. Hochschule in Charlottenburg ausgeführt.

1) Als Abkürzungen dieser Veröffentlichungen sollen im folgenden die Zeichen R. I. D. und E. T. Z. gebraucht werden.

### Beschreibung des Apparates.

Fig. 1 zeigt die Schaltungsweise des Apparates und Fig. 2 die konstruktive Durchführung desselben. Die hauptsächlichsten Teile desselben sind: Erstens ein sogenannter Thom-

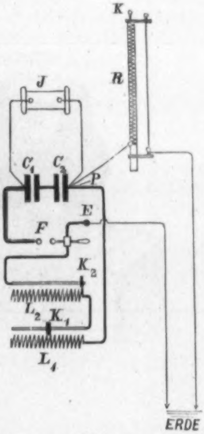


Fig. 1.

sonscher Schwingungskreis, bestehend aus den beiden Leydenerflaschen $C_1$ und $C_2$, der Funkenstrecke $F$ und den beiden regulierbaren Selbstinduktionsspulen $L_1$ und $L_2$; zweitens eine Resonanzspule $R$ (Fig. 6, 7 und 8), welche für die Versuche bei $P$ an die eine Belegung der Leydenerflaschen angeschlossen wird. Die Details des Apparates sind aus den Abbildungen Fig. 1 und 2 deutlich erkennbar. Die beiden Leydenerflaschen können durch kurze Kupferbügel, welche beigegeben werden, in bequemer Weise in Reihe oder parallel geschaltet werden (die für Parallelschaltung bestimmten Bügel liegen in Fig. 2 vor dem Apparate). Die Funkenstrecke ist leicht verstellbar und zwar auch während des Betriebes, da die Klemme $E$ mit der Erde (Wasser- oder Gasleitung) verbunden wird. Um das Licht und das knatternde Geräuch der Funkenstrecke zu dämpfen, wird dieselbe mit einem Holzdeckel verschlossen. Die regulierbaren Selbstinduktionen $L_1$ und $L_2$ bestehen aus dickem Kupferdraht, welcher auf Porzellanträger spiralförmig aufgewickelt ist.

Nicht geringe Schwierigkeiten bot die konstruktive Gestaltung der auf den Kupferspulen schleifenden Kontakte $K_1$ und $K_2$. Es zeigte sich nämlich, dass im Betriebe ein leichtes Verschmelzen der Berührungsstellen eintrat, welches zum „Ecken" der Kontakte Veranlassung gab. Die freie Beweglichkeit wurde

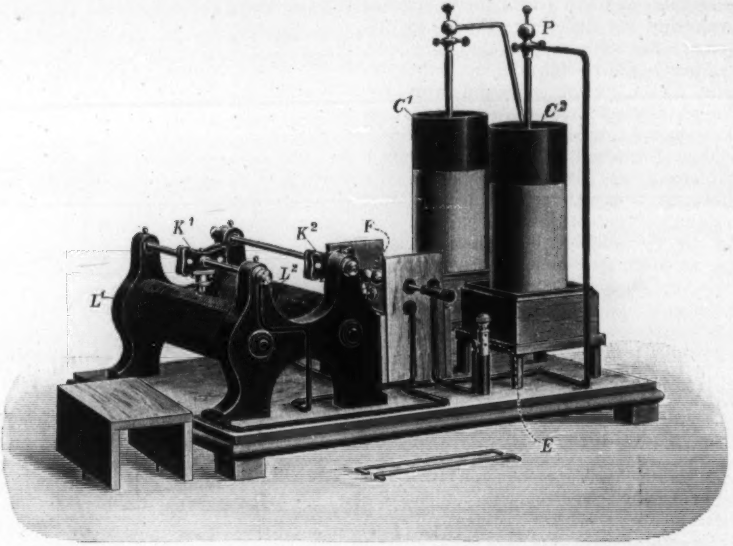


Fig. 2.

dadurch endgültig gesichert, dass die Kontaktstücke in Form von Rollen ausgebildet wurden.

Andere Einzelheiten werden weiter unten bei den Versuchen selbst besprochen werden. Bei der Konstruktion des Apparates wurde besonders darauf geachtet, dass derselbe ohne Zeitverlust auf dem Experimentiertisch aufgestellt und wieder entfernt werden kann. Sämtliche Teile mit Ausnahme der Resonanzspule sind daher in kompendiöser Weise auf einem massiven Grundbrett vereinigt.

### Wirkungsweise des Apparates.

Durch die langsamen Schwingungen des Induktoriums $\mathcal{J}$ (Fig. 1) werden die Leydenerflaschen mit elektrischer Energie geladen, bis infolge der hohen Spannung der Widerstand der Funkenstrecke durchbrochen wird. Durch den plötzlichen Ausgleich der Potentiale entstehen die durch die Untersuchungen von Thomson und Kirchhoff bekannt gewordenen Schwingungen in gleicher Weise wie in dem Primärkreise eines Tesla-Transformators. Diese Schwingungen sind trotz der Wärmeentwickelung in der Funkenstrecke wenig gedämpft, weniger z. B. als die Schwingungen des Hertzschen und Righischen Radiators. Wir können daher den Thomsonschen Schwingungskreis als

Fig. 3.

Fig. 4.

eine Stromquelle oder, wenn man will, als einen Generator für sehr schnelle elektrische Schwingungen betrachten. Die Schwingungen werden nun bei $P$ in die Resonanzspule hineingeleitet, pflanzen sich in derselben fort, werden an den Enden reflektiert und geben dadurch zu stehenden elektrischen Wellen Veranlassung.

Es ist zweckmässig, der weiteren Erklärung eine akustische Analogie zu Grunde zu legen. Das Modell hierfür ist in der Fig. 3 dargestellt. Es besteht aus einer kräftigen Stimmgabel und aus einem genau abgepassten Rohr aus Messing auf Stativ, welches wie ein Resonanzkasten wirkt. Wird die Stimmgabel angeschlagen und vor die Öffnung des Rohres gehalten, so wird dasselbe zum Mitschwingen gebracht und zwar in verschiedener Stärke, je nachdem seine Eigenschwingung mit derjenigen der Stimmgabel übereinstimmt oder nicht. Ins Elektrische übertragen entspricht der Stimmgabel der Thomsonsche Schwingungskreis und dem gedackten Rohre die Resonanzspule.

Die Analogie ist eine überraschend vollkommene. Dieselbe lehrt sofort, wann die Spule in die stärksten Schwingungen gerät. Es ist dies dann der Fall, wenn die Bedingung für die Resonanz der eingeleiteten und der Eigenschwingung der Spule erfüllt ist. Bezeichnet man die gesamte Länge der Spule oder des Rohres mit $\mathfrak{l}$ und die Wellenlänge mit $\lambda$, so lautet die Resonanzgleichung (vergl. R. I. D. oder E. T. Z. Gleichung 43 und 44 und die vorhergehende Gleichung, ferner Gleichung 55)

$$\mathfrak{l} = \frac{m}{4} \lambda,$$

worin $m$ eine ungerade Zahl bedeutet.

Für die Grundschwingung ist $m = 1$, d. h. Rohr und Spule schwingen in $^1/_4$ Welle. Für den ersten Oberton ist $m = 3$, d. h. Rohr oder Spule schwingt in $^3/_4$ Welle u. s. f.

Wenn man das obere Ende der Spule mit der Erde verbindet, so entspricht dies dem Öffnen der Klappe des gedackten Rohres (Fig. 4). Die Bedingung für die Resonanz ist dann

$$\mathfrak{l} = \frac{n}{4} \lambda,$$

worin $n$ eine gerade Zahl bedeutet.

### Die Ingangsetzung des Apparates.

Es genügt ein Induktorium von 20—30 cm Schlagweite. Als Unterbrecher dient am besten der Deprez-Unterbrecher. Weniger geeignet ist der Wechselstrom einer Centrale. Gute Erfolge erzielt man auch mit einer Quecksilber-Turbine. Die Funken der Funkenstrecke sollen weissglänzend sein und in gleichmässigem Flusse übergehen. Zeigt sich Neigung zur Lichtbogenbildung, was bei Wechselstrom häufig vorkommt, so ist die Funkenstrecke zu vergrössern. Bei dem Übergange von Reihenschaltung zur Parallelschaltung muss die Funkenstrecke verkleinert, im entgegengesetzten Falle vergrössert werden. Die feinere Regulierung der Schwingungszahl geschieht durch Verschieben der Rollenkontakte $K_1$ und $K_2$.

Dabei beachte man folgende Regeln:

Man überzeuge sich, dass die Klemme $E$ geerdet ist. Man vermeide die Berührung des in Fig. 1 als Doppellinie gezeichneten, in der Ausführung rot gefärbten Leitungsdrahtes, denn derselbe liegt an dem anderen, nicht geerdeten Pole des Induktoriums. Zuerst reguliere man an der vorderen Selbstinduktion mit dem Kontakt $K_1$ und lasse den Kontakt $K_2$ zunächst in der Ruhestellung der Fig. 1 und 2. Erst wenn die Selbstinduktion $L_1$ vollständig eingeschaltet, die gewünschte Schwingungszahl aber noch nicht erreicht ist, reguliere man mit dem Kontakte $K_2$. Bei der Ausserachtlassung dieser Vorschrift gehen von dem Kontakte $K_1$ Fünkchen nach der Hand des Experimentators über. Dieselben sind zwar ungefährlich, können aber bei längerem Experimentieren lästig werden.

### Versuche.

1. Zur Demonstration der Resonanz verbindet man zwei kleine Spulen von verschiedener Windungszahl (eine gelbe und eine grüne, Fig. 5) mit dem Punkte $P$ (Fig. 1). Die Leydenerflaschen sind in Reihe geschaltet.

a) Ist die Schwingungszahl mittels des Rollenkontaktes richtig eingestellt, so strahlt der obere Teil der abgestimmten Spule in lebhafter Entladung elektrischer Massen, während die andere Spule dunkel bleibt (Fig. 5). Durch Veränderung der Schwingungszahl kann man die Rollen der beiden Spulen vertauschen. Die gelbe Spule erfordert eine geringere Schwingungszahl als die grüne.

b) Um sich zu überzeugen, dass die Spule im Zustande der Resonanz in $^1/_4$ Welle schwingt, ziehe man mittels eines metallenen Gegenstandes Funken aus den Windungen.

c) Akustisches Modell für Versuch a und b (Fig. 3).

Hält man vor das gedackte Rohr die grosse Stimmgabel, so schwillt die Tonstärke durch Resonanz sehr stark an. Verändert man die Schwingungszahl durch Aufsetzen eines Gewichtes, so zeigt sich keine Verstärkung des Tones.

d) Durch Nähern der Hand oder eines Stanniolblattes kann man die Spule leicht verstimmen, so dass das Leuchten aufhört.

e) Ist die Selbstinduktion von vornherein etwas zu gross eingestellt, sodass die Spule eben dunkel bleibt, so kann man dieselbe durch

Nähern der Hand wieder abstimmen. Nähert und entfernt man abwechselnd die Hand, so spritzt die Leuchtgarbe gehorsam hervor und zieht sich wieder zurück, wie der Strahl einer Wasserfontäne, deren Ventil man öffnet und schliesst. Erklärung: Durch Nähern der Hand wird die Kapazität der Spule vergrössert und dadurch wird der Eigenton ein tieferer.

f) Auch durch Anhängen eines Metallgegenstandes etwa einer Kugel oder einer Platte kann man die Spule leicht verstimmen und durch Vermehrung der Selbstinduktion wieder in den Resonanzzustand zurückführen. Die

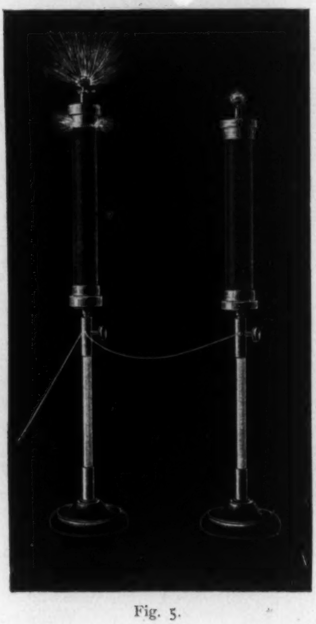

Fig. 5.

Kapazität der Gegenstände wirkt hier wie eine zusätzliche Drahtlänge, also so, als ob die Spule länger wäre. (R. I. D. S. 22 oder E. T. Z. Heft 16 Gl. 47.)

2. Die Teslaschen Experimente, Büschelentladung, Wärmewirkung, Lichterscheinungen in verdünnten Gasen u. s. w. lassen sich ohne weiteres anstellen. Als zweiten Pol betrachte man die Erde. Das vorliegende Instrumentarium gewährt noch einen erheblichen Vorteil vor den Tesla-Transformatoren der gewöhnlichen Ausführung. Denn man kann mittels der veränderlichen Selbstinduktion jedesmal auf den Maximaleffekt einstellen. (R. I. D. S. 40 oder E. T. Z. Heft 19, S. 410.)

3. Objektive Darstellung der Wellen in Spulen. Die sehr starken Spannungen, welche bei all diesen Experimenten auftreten, ermöglichen es, den Wellenverlauf in Spulen sichtbar zu machen. Hierzu dient eine ca. 2 m lange Spule mit eisernem Dreifuss und parallel gezogenem Draht, dessen unteres Ende geerdet wird.

a) Abstimmung auf $^1/_4$ Welle (Fig. 6). Beide Leydenerflaschen parallel, die Selbstinduktion $L_1$ ganz und die Selbstinduktion $L_2$ etwa $^3/_4$ eingeschaltet. An dem freien Ende entsteht ein sehr kräftiger Spannungsbauch. Zwischen der Spule und dem Paralleldraht beobachtet man ein kontinuierlich verlaufendes, bläulich-weisses Lichtband von nicht unerheblicher Leuchtkraft. Akustische Analogie wie bei Versuch 1 a, b, c.

b) Abstimmung der offenen Spule auf den ersten Oberton also $^3/_4$ Welle. Beide Flaschen in Reihe, die Selbstinduktion $L_1$ etwa zu $^3/_4$ eingeschaltet. Der Spannungsbauch am Ende ist geringer als bei dem vorhergehenden Versuch (R. I. D. S. 18 und 19, Kurven 2 und 4 oder E. T. Z. Heft 16, Kurven 11 und 13). Akustische Analogie: Resonanz des gedackten Rohres auf die beigegebene zweite Stimmgabel, welche gegenüber der grossen Stimmgabel die dreifache Schwingungszahl besitzt.

c) Ebenso lassen sich $^5/_4$ (Fig. 7) und auch noch $^7/_4$ Wellen darstellen. Dabei wird die Leuchtkraft immer schwächer und die Erscheinung verwaschener. Bei den kürzeren Wellen nähert man entsprechend den Paralleldraht.

d) Verbindet man das obere Ende der Spule mit dem Paralleldraht oder auch direkt mit der Erde, so erhält man daselbst stets einen Knoten der Spannung. Fig. 8 zeigt die Abstimmung auf $^1/_2$ Welle. Das akustische Analogon davon ist ein beiderseits offenes Rohr (Fig. 4). Desgleichen lassen sich die Obertöne $^4/_4$ und $^6/_4$ Wellen herstellen.

4. Einige interessante Leuchterscheinungen.

a) In der Nachbarschaft der Spule wird ein starkes elektrisches Feld erzeugt entsprechend dem Wellenverlauf in der Spule. Bewegt man eine Vakuumröhre parallel zur Spule, jedoch so, dass ihre Achse senkrecht zur Achse der Spule steht, so leuchtet die Röhre einem Bauche gegenüber hell auf und bleibt einem Knoten gegenüber dunkel.

b) Trägt man auf, ein Blatt Papier oder Pappe mit Bleistift einen kontinuierlichen, dicken Linienzug auf etwa einen Buchstaben oder den schematischen Verlauf eines Flusses und verbindet den Anfang mit der Spule, so leuchtet das Ganze in schönem, magischen

Lichte. Es scheint so, als ob sich ein Strom geschmolzenen Silbers über das Blatt ergiesst.

c) Besonders hell leuchtet die Ebertsche Phosphoreszenzlampe, deren eine Klemme mit der Spule und deren andere mit der Erde verbunden wird.

d) Setzt man auf die gelbe oder grüne Spule einen Metalldraht von etwa 4 mm Durchmesser, so schiessen aus dem ganzen Oberteil starke Büschelentladungen hervor, welche in einer fortwährenden Bewegung zu sein scheinen.

5. Demonstration der Abstimmung in der Marconi-Telegraphie.

In der praktischen Wellentelegraphie wird zur Zeit fast ausschliesslich die in der Fig. 9 dargestellte Schaltung benutzt. Sowohl Marconi als auch Slaby und Braun bedienen sich derselben. Dieselbe unterscheidet sich von der vorliegenden Anordnung nur dadurch, dass an Stelle der Resonanzspule der Gebedraht $G$ gesetzt ist. Dadurch wird aber bezüglich der Art der Fernwirkung kein prinzipieller Unterschied herbeigeführt.

a) Zur Demonstration der Abstimmung ersetzt man den Gebedraht $G$ wieder durch die kleine gelbe Spule, wie bei Versuch 1a. In gleicher Weise wie diese Spule wird in der praktischen Wellentelegraphie auch der Gebedraht auf $^1/_4$ Welle abgestimmt.

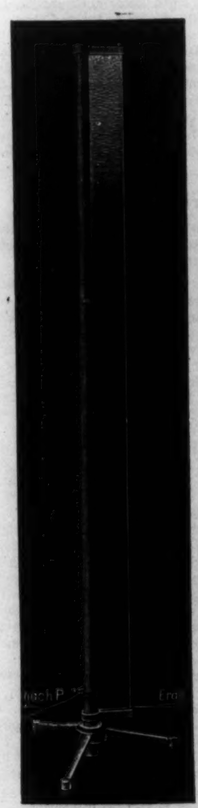


Fig. 6.

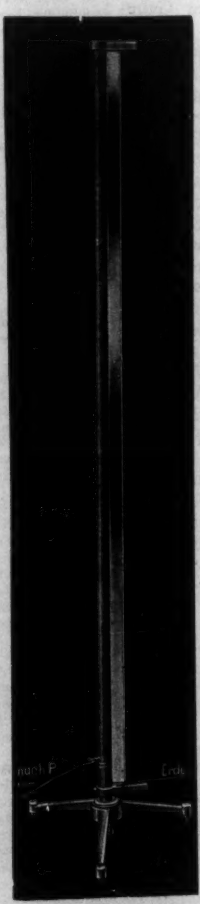


Fig. 7.

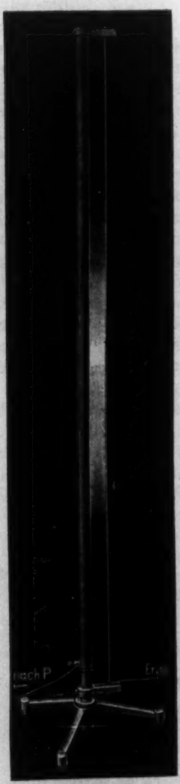


Fig. 8.

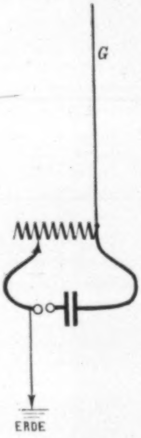


Fig. 9

b) Aber auch der Fangdraht muss abgestimmt sein. Man stellt in einiger Entfernung eine zweite kongruente gelbe Spule auf. Dieselbe trägt an der Spitze eine kleine Geiss-lersche Röhre und wird am unteren Ende geerdet. Nach Ingangsetzen des Gebe-Apparates leuchtet die Röhre hell auf. Setzt man an Stelle dieser sekundären Spule die kleine grüne Spule, so bleibt die dort angesetzte Lampe dunkel. Der Fangdraht ist dann verstimmt. Geht man aber mit der grünen Spule sehr dicht an den Gebeapparat heran, so leuchtet die Spule wieder auf. Man erkennt daraus, dass eine vollständige Abstimmung bis jetzt nicht erreicht ist.

c) Die Schirmwirkung von Blitzableitern, eisernen Schiffsmasten etc. wird demonstriert, indem man zwischen die beiden gelben Spulen noch eine dritte gelbe Spule einführt, welche ebenfalls zu erden ist. Die Vakuumlampe auf der Fangspule verliert dabei an Leuchtkraft.

Die anzustellenden Experimente lassen sich in dem Rahmen dieser Anleitung, als welche ich diese Zeilen nur aufgefasst wissen möchte, nicht erschöpfend behandeln. Der geschickte Experimentator wird dieselben alsbald ausbauen und neue ersinnen. Da ein starkes Verlangen nach weiterer Aufklärung über das Verhalten von Spulen gegenüber schnellen Schwingungen vorhanden ist, und die bestehende Litteratur darüber noch in den Anfängen liegt, so steht zu erwarten, dass bald neue Experimentaluntersuchungen folgen werden. Auch hierfür dürfte das Instrumentarium gute Dienste leisten.

Die hier beschriebenen Apparate sind nach meinen Angaben von dem Präzisions-Mechaniker Ferdinand Ernecke-Berlin konstruiert worden und können von der genannten Firma bezogen werden.

(Eingegangen 21. September 1902.)

## Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

**Arnold, E.**, Die Wechselstromtechnik. Band I. J. L. La Cour, Theorie der Wechselströme und Transformatoren. Mit 263 in den Text gedruckten Figuren. 8. XI u. 425 S. 1902. Berlin, Julius Springer. Gebunden M. 12,—.

**Bemmelen, W., van**, Erdmagnetische Pulsationen. Mit einer Tafel. (Sonderdruck der „Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië, Deel LXII"). gr. 8. 18 S. 1902. Weltevreden, Boekhandel Visser & Co.; Amsterdam, P. Fittica Roem. Jzn.

**Fittica, F.**, Geschichte der Sulfitzellstoff-Fabrikation. gr. 8. III u. 47 S. 1902. Leipzig, S. Hirzel. M. 1,—.

**Geissler, Kurt**, Die Grundsätze und das Wesen des Unendlichen in der Mathematik und Philosophie. gr. 8. VIII u. 417 S. 1902. Leipzig, B. G. Teubner. M. 14,—.

**Monographien über angewandte Elektrochemie.** II. Bd. Minet, Adolphe, Die Gewinnung des Aluminiums und dessen Bedeutung für Handel und Industrie. Ins Deutsche übertragen von Emil Abel. Mit 57 Figuren und 15 Tabellen im Text. gr. 8. VII u. 129 S. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 7,—.

**Ostwald, W.** und **R. Luther**, Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen. Zweite Auflage. Mit 319 Figuren im Text. gr. 8. XII u. 492 S. 1902. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Gebunden M. 15,–.

**Photographische Bibliothek.** Band I. Vogel, H. W., Das photographische Pigment-Verfahren (Kohledruck). Vierte, völlig veränderte Auflage, mit einem Anhang über das Velours-, Gummidruck- und Azotypie-Verfahren. Bearbeitet von Paul Hannecke. Mit einer Tafel in Pigmentdruck und 15 Abbildungen im Text. 8. VIII u. 127 S. 1902. Berlin, Gustav Schmidt. M. 3,—, Gebunden M. 3,50.

— Band XIV. Schmidt, Hans, Die Architektur-Photographie unter besonderer Berücksichtigung der Plastik und des Kunstgewerbes. Mit 20 Tafeln und 52 Abbildungen im Text. 8. XII u. 140 S. 1902. do. M. 4,—, gebunden M. 4,50.

— Band XV. Loescher, Fritz, Vergrössern und Kopieren auf Bromsilberpapier. Mit einer Tafel in Bromsilberdruck und 19 Abbildungen im Text. 8. IX u. 105 S. 1902. M. 2,50, gebunden M. 3,—.

**von Waltenhofen, A.**, Die internationalen absoluten Maasse, insbesondere die elektrischen Maasse, für Studierende der Elektrotechnik in Theorie und Anwendung dargestellt und durch Beispiele erläutert. Dritte, zugleich als Einleitung in die Elektrotechnik bearbeitete Auflage. Mit 42 eingedruckten Figuren. gr. 8. XI u. 306 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 8,—. Gebunden M. 9,—.

## Personalien.

**(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

Der a. o. Professor an der deutschen Universität Prag Dr. Karl Brunner wurde zum o. Professor der Chemie an der Universität Innsbruck, der Vorstand des agrikulturchemischen Laboratoriums an dem botanischen Landesinstitut Buitenzorg (Insel Java) P. van Romburgh zum o. Professor der Chemie an der Universität Utrecht ernannt.

Der a. o. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe Dr. Disteli hat einen Ruf an die Kaiser Wilhelms-Universität in Strassburg erhalten und wird ihm Folge leisten.

Dem etatsmässigen Extraordinarius an der Universität Tübingen Professor Dr. Carl Bülow, der seither das Fach der organischen Chemie vertreten hat, ist nunmehr ein besonderer Lehrauftrag für analytische und technische Chemie erteilt worden.

Die Universität Christiania ernannte den o. Professor der Mathematik Dr. Wirtinger in Innsbruck zum Ehrendoktor.

Die von dem Kuratorium der Flückiger-Stiftung für Verdienste um die Pharmazie zu verleihende Flückiger-Medaille ist dem Professor für pharmazeutische Chemie an der Universität Marburg Dr. Ernst Schmidt zuerkannt worden.

In den Ruhestand trat der o. Professor der Astronomie und Mathematik an der Universität Krakau Dr. Franz Karlinski.

In Frankfurt a/M. starb am 15. September der Chemiker und Meteorologe Professor Dr. Julius Ziegler im 61. Lebensjahre, in Nürnberg der Gymnasial-Professor a. D. und Erfinder der Maschine zum Schleifen der Parabolspiegel, die in den Scheinwerfern verwendet werden, Joh. Georg Munter, im 84. Lebensjahre, in London Sir Frederic Abel, der Erfinder des nach ihm benannten Entflammungsgerätes für Erdöl.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.